

GENERAL COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION
(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 16 August 1999 (16.08.99)	in its capacity as elected Office
International application No. PCT/EP98/07689	Applicant's or agent's file reference 97 1001 P
International filing date (day/month/year) 27 November 1998 (27.11.98)	Priority date (day/month/year) 28 November 1997 (28.11.97)
Applicant	
HIRN, Andreas	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

28 June 1999 (28.06.99)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election was

was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

BEST AVAILABLE COPY

<p>The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland</p> <p>Facsimile No.: (41-22) 740.14.35</p>	<p>Authorized officer</p> <p>F. Baechler</p> <p>Telephone No.: (41-22) 338.83.38</p>
---	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TJ
PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation⁶: G06T 3/40		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/28864 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Juni 1999 (10.06.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/07689 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. November 1998 (27.11.98)		(81) Bestimmungsstaaten: CA, DE, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Prioritätsdaten: 197 52 927.5 28. November 1997 (28.11.97) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): OCE PRINTING SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Siemensallee 2, D-85586 Poing (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HIRN, Andreas [DE/DE]; Mitterweg 5, D-85652 Pliening (DE). (74) Anwälte: SCHAUMBURG, Karl-Heinz usw.; Postfach 86 07 48, D-81634 München (DE).		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	

(54) Title: METHOD FOR CONVERTING DIGITAL RASTER DATA OF A FIRST RESOLUTION INTO DIGITAL TARGET DATA
OF A SECOND RESOLUTION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR UMSETZUNG DIGITALER DATEN IM RASTER EINER ERSTEN AUFLÖSUNG IN
DIGITALE ZIELDATEN EINER ZWEITEN AUFLÖSUNG

(57) Abstract

The invention relates to a method for converting digital source raster data of a first resolution into digital target raster data of a second resolution. The data is scaled and smoothed in an individual pixel by pixel manner, whereby the raster source data is smoothed. A combined scaling-smoothing rule can be formed from a plurality of scaling rules or smoothing rules.

(57) Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung. Die Daten werden einzelpixelweise skaliert und geglättet, wobei die Glättung im Raster der Quelldaten erfolgt. Aus einer Vielzahl von Skalierungsregeln oder Glättungsregeln kann eine kombinierte Skalierungs-Glättungsregel gebildet werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5 Verfahren zur Umsetzung digitaler Daten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten einer zweiten Auflösung

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten einer zweiten Auflösung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15 Bei der digitalen Datenverarbeitung ist es häufig erforderlich, digitale Bilddaten, die im Raster einer ersten Auflösung vorliegen, in Zieldaten einer zweiten Auflösung umzusetzen. Jeder Bildpunkt, d.h., ein dem digitalen Wert zugeordneter Punkt im Raster wird dabei als Pixel bezeichnet. Ohne

20 Graustufen entspricht ein Pixel also einem Bit. Die Ortsauflösung wird dabei in Bildpunkten pro Inch (dots per inch, dpi) angegeben. Ein Inch entspricht bekanntlich 25,6 mm. Die zweite Auflösung (Zielauflösung) ist in der Regel höher als die erste (Quellauflösung). Das Zielbild in der zweiten Auflösung kann statt oder zusätzlich zu der höheren Ortsauflösung auch mehr Graustufen pro Pixel enthalten als das Quellbild.

25

Beispielsweise kommt es in der digitalen Drucktechnik häufig vor, daß Bilddaten von einem Computer in einem ersten Raster, beispielsweise in einem 240 dpi (dots per inch)-Raster geliefert werden, aber von einem Drucker in einem anderen Raster, beispielsweise in einem 600 dpi-Raster, wiedergegeben werden sollen. Insbesondere beim Erweitern einer bestehenden EDV-Anlage um einen modernen Drucker kommt es vor, daß früher er-

stellte Druckaufträge beispielsweise nur Vorlagen in 240 dpi-Auflösung aufweisen. Will der Anwender die Vorzüge seines neuen Druckers mit beispielsweise 600 dpi Auflösung nutzen, so müssen die Druckdaten entsprechend umgesetzt werden. Die 5 Umsetzung soll dabei automatisch erfolgen ohne vom Anwender Eingaben abzuverlangen.

Da sich halbe Pixel in Wiedergabe-Einheiten mit diskreten Darstellungsstufen wie LCD-Bildschirmen oder digitalen Druckkern nicht darstellen lassen, müssen zur Umsetzungen um nicht ganzzahlige Faktoren der Auflösung spezielle Regeln aufgestellt werden. 10

Die Umsetzung kann nun derart erfolgen, daß jeder Wert des 15 ersten Rasters um einen Skalierungsfaktor SF, der durch das Verhältnis der beiden Auflösungswerte der Raster vorgegeben ist, vervielfacht wird, daß also beispielsweise aus einem Wert im ersten Raster die SF-fache Menge gleicher Werte im zweiten Raster erzeugt wird, wobei gilt:

20

$$SF_i = \frac{\text{Auflösung des 2. Rasters in Richtung } i}{\text{Auflösung des 1. Rasters in Richtung } i} \quad (\text{Gleichung 1}).$$

Durch einen derartigen Skalierungsvorgang werden die Daten zwar 25 in das Zielraster transformiert, jedoch wird die Wiedergabequalität hierdurch nicht verbessert.

Andererseits ermöglicht die Umsetzung von Daten in ein Raster mit höherer Auflösung gerade die Verbesserung der Wiedergabequalität indem beispielsweise Konturen feiner gezeichnet werden. 30 Für eine derartige Umsetzung ist es in der Regel erforderlich, die Daten zu glätten. Bei bekannten Glättverfahren gehen Glättparameter in der Regel in Form einer Matrix bzw. eines Fenster in den Glättvorgang ein, wobei die Gewichtung benachbarter Bildpunkte eines zu glättenden Punktes durch die

Werte der Matrix vorgegeben sind. Solche Fenster sind bei $SF_x = SF_y$ 3 x 3-Fenster oder 5 x 5-Fenster.

Ein Verfahren zum Skalieren und Glätten von Bilddaten ist aus 5 der DE 195 06 792 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren sind mehrere Sätze von Pixelmustern bzw. ihnen zugeordnete boolsche Rechenoperationen vorgesehen, anhand derer die Umsetzung erfolgt. Zur Umsetzung wird eine Matrix von Quell-Bilddaten mit beispielsweise 7 x 7 Bildpunkten den Basis-Rechenoperationen 10 unterworfen und daraus die Ziel-Bilddaten gewonnen. Bei einem „Hochskalieren“ der Bilddaten ($SF > 1$) wird einer Gruppe von Quellpixeln jeweils eine Gruppe von Zielpixeln zugeordnet. Die Rechenoperationen sind so gestaltet, daß bei der Umsetzung im Mittel gleich viele hochauflöste Pixel entfernt wie 15 hinzugefügt werden. Hierdurch wird erreicht, daß der Schwärzungsgrad eines Gesamtbildes im wesentlichen erhalten bleibt.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß die Umsetzung bezüglich der Quellpixel nur gruppenweise erfolgt. Insbesondere 20 bei einem nicht ganzzahligen (gebrochenem) Skalierfaktor kann dann eines der Zielpixel (Φ) nur wahlweise, d.h. relativ unmotiviert, einem Cluster benachbarter Zielpixel zugeordnet werden und nicht eindeutig einem Quellpixel. Die Zuordnung muß außerdem vorab in entsprechenden Verfahrensregeln festge- 25 legt werden.

Ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster, das für nicht ganzzahlige Skalierungsfaktoren geeignet ist, ist auch in der deutschen 30 Patentanmeldung 197 13 079.8 beschrieben. Dieses Verfahren arbeitet ebenfalls bereichsorientiert. Dabei ist jedem Quellbereich ein Zielbereich zugeordnet ist, wobei die beiden Bereiche im Gesamtbild die selbe Position haben. Innerhalb des Zielbereichs werden boolsche Rechenregeln vorgegeben, nach 35 denen die Umsetzung erfolgt.

Eine weitere Verfahrensweise zum Skalieren und Glätten von Bilddaten ist aus der EP 506 379 B1 sowie aus der US 5,270,836 bekannt. Bei dieser Verfahrensweise sind zwei Schritte zum Skalieren und Glätten vorgesehen. Wie in Figur 1 schematisch dargestellt ist, wird bei dieser Verfahrensweise ein Quellbild 1, das in einem Quellraster vorliegt, im ersten Schritt 2 skaliert, wodurch ein Zwischenbild 3 im Zielraster entsteht. Auf Basis dieses Zwischenbildes wird im zweiten Schritt 4 die Glättung im Zielraster durchgeführt, wodurch das Zielbild 5 entsteht.

Nachteilig bei der oben beschriebenen Verfahrensweise ist, daß zum Glätten jeweils eine Vielzahl von Daten im Zielraster berücksichtigt werden muß. Wegen der dabei erforderlichen, relativ großen Zahl an Speicherzugriffen und Rechenoperationen ist der damit verbundene Aufwand relativ hoch und eignet sich deshalb kaum für Anwendungen wie Hochleistungsdrucksystemen, bei denen es auf die Schnelligkeit der Umsetzung ankommt. Eine Realisierung des Verfahrens auf Basis von Software erscheint damit ebenfalls kaum möglich.

Auch im Bereich der Telefaxübertragung kann eine Skalierung und Glättung von Übertragungsdaten nötig sein, wenn die Daten beispielsweise in einer ersten Auflösung empfangen, aber in einer anderen Auflösung gespeichert, weitergeleitet oder ausgedruckt werden sollen. Ein entsprechendes Verfahren für diese Anwendung ist beispielsweise in der US 5,394,485 A beschrieben.

Ein weiteres Verfahren zur Umsetzung von Bilddaten ist aus der DE 42 06 277 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren erfolgt nur eine Rasterumsetzung, aber keine Glättung der Bilddaten. Aus der EP 708 415 A2 ist ebenfalls ein Verfahren zur Umsetzung von Bilddaten bekannt, das allerdings nur für ganzzahlige

Skalierfaktoren geeignet ist. In der EP 0 006 351 A1 ist ein Bildverarbeitungssystem beschrieben, welches mit Look-up-Tabellen arbeitet. Die US 5,657,430 A beschreibt ein Verfahren zur Umsetzung von Vektor-Fonts auf Graustufen-Bitmaps.

5

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster anzugeben, das zu einer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit führt und das sowohl eine Skalierung als auch eine Glättung der Bilddaten durchführt.

10

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

15

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung werden die Daten um mindestens einen Skalierfaktor skaliert und jedem Quelldatum einzelpixelweise, bezüglich dem Quellpixel also pixelindividuell, anhand eines das Quellpixel umgebenden Umgebungsfensters eine Zielbild-Matrix zugeordnet. Aus benachbarten Zielbild-Matrizen werden die Zieldaten bestimmt, wobei die Daten im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) geglättet werden. Jedes Quelldatum ist somit zum Glätten aller benachbarten Quelldaten verwendbar und wird insbesondere tatsächlich dazu verwendet.

20

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird die Glättung der Daten im Raster der Quelldaten durchgeführt und nicht im Zielraster. Hierdurch ist eine wesentlich schnellere Datenverarbeitung bei zweidimensionalen Bilddaten möglich als bei vergleichbaren Verfahren, die die Glättung erst im Zielraster durchführen, weil die Datenmenge, auf die die Glättungsfunktion angewandt wird, wesentlich geringer ist. Für den Fall gleicher Skalierungsfaktoren in x- und in y-Richtung (SF = SF_x = SF_y) ist diese Verarbeitungsgeschwindigkeit annä-

25

hernd um das Quadrat des Skalierungsfaktors SF geringer. Der erste Aspekt der Erfindung ist insbesondere zur Umsetzung von Bilddaten bei einem nicht ganzzahligen (gebrochenen) Skalierungsfaktor geeignet. Durch die auf Einzelpixel basierende Verarbeitung wird der Vorteil gegenüber bisher bekannten Verfahren erreicht, daß die Verarbeitung der Daten bei gebrochenem Skalierungsfaktor nahezu analog zur Verarbeitung bei ganzzahligem Skalierungsfaktor erfolgen kann.

5

10 Dem ersten Aspekt der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß mit einer Glättung im Quellraster das selbe Ergebnis erreichbar ist wie mit einer Glättung, die auf die wesentlich größere Zahl der Daten im Zielraster angewandt wird, weil die zu glättenden Strukturen bereits aus dem Quell-Image zu bestimmen sind. Das Skalieren eines Bildes um einen Faktor größer als eins erhöht zwar die Anzahl der zu glättenden Pixel, der Informationsgehalt der dem Bild zugrunde liegenden Bitmap bleibt allerdings unverändert. Versuche ergaben, daß eine Glättung mit Regeln, die im Zielraster aufgestellt werden,

15

20 keine anderen Ergebnisse erbringt als wenn entsprechende Regeln zur Glättung bereits auf der Basis der Daten im Quellraster aufgestellt werden.

Ferner wurde erkannt, daß die zum Glätten notwendige Zeit in erster Näherung (d.h., ohne Betrachtung der Bildränder) direkt proportional zur Größe des Bildes ist und die Abarbeitung der Daten im Quellraster deshalb schneller erfolgen kann als die Abarbeitung der Daten im Zielraster.

25

30 Ausgehend vom bekannten Stand der Technik wurde insbesondere erkannt, daß ein allgemeines Glättungsverfahren im Zielbereich von der Existenz aller Pixel-Kombinationen ausgeht. Da die Pixel aber hochskaliert wurden, existiert nur eine beschränkte Anzahl von Variationsmöglichkeiten. Der Informati-

5 onsgehalt der Pixel wird durch das Hochskalieren nicht erhöht. Durch das erfindungsgemäße Glätten der Bilddaten im Quellraster kann der Zeitbedarf für das Verarbeiten der Daten gegenüber Verfahren, die im Zielraster glätten, um das Qua-
drat des Skalierfaktors verringert werden.

10 Ein Glätten mit den Daten des Quellbildes als Grundlage ermöglicht auch eine kleinere Größe der Erkennungsmatrix. Bei Skalierfaktor 2 erreicht eine Erkennungsmatrix von 3×3 im Quell - Bereich beispielsweise die gleiche Qualität wie eine 5×5 - Erkennungsmatrix, die im Zielbereich angewandt wird. Dies hat zur Folge, daß im Quellbereich nur $3 \times 3 = 9$ Pixel zur Erkennung berücksichtigt werden müssen anstatt $5 \times 5 = 25$ Pixel im Zielbereich. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens bei direkter logischer Auswertung (in Hard - oder Software) wird also in zweifacher Hinsicht erhöht: zum einen sind im Quellraster weniger Daten als im Zielraster auszuwerten, zum anderen kann im Quellraster die Größe des Glättungsfensters verringert werden. Die Verar-
15 beitungsgeschwindigkeit ist dann bis zu einem Faktor von $25/9 \times SF_x \times SF_y$ höher als bei konventionellen Verfahren. Der logische Aufwand, beispielsweise für Gatterfunktionen sinkt um diesen Faktor. Bei einer Realisierung mittels look-up-
20 Tabellen - die bei Softwarelösungen häufig zur Performance - Steigerung benutzt werden, weil dadurch die bitweise logische Auswertung eingespart und das Ergebnis direkt aus der Tabelle erhalten wird - ist für eine 3×3 -Matrix eine Tabelle mit 512 Einträgen nötig. Bei einer 5×5 -Matrix muß diese Tabel-
25 le dagegen 33554432 Einträge (32 MB) groß sein. Eine Tabelle dieser Größe ist in der Praxis nicht mehr akzeptabel.
30

Die Erfindung ermöglicht es ferner, sowohl die Funktion des Glättens als auch die des Skalierens in einem einzigen Schritt durchzuführen, indem das gesamte Verfahren im Raster

der Quelldaten durchgeführt wird. Das Verfahren kann dabei unabhängig von der Größe des jeweiligen Skalierfaktors durchgeführt werden. Der Skalierfaktor kann sowohl ganzzahlig als auch gebrochen sein.

5

In einem zweiten Aspekt der Erfindung werden digitale Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung um einen Skalierfaktor skaliert und geglättet. Dabei wird eine Skalierungsregel vorgegeben und aus mehreren Glättungsregeln eine bestimmte Glättungsregel. Die beiden vorgegebenen Regeln werden dann zu einer kombinierten Skalierungs- und Glättungsregel derart zusammengeführt, daß die Glättung im Raster der Quelldaten erfolgt, wobei jedes Quelldatum zum Glätten mehrerer benachbarter Quelldaten verwendet wird. Der Skalierfaktor ist insbesondere nicht ganzzahlig und durch einen Bruch ganzer Zahlen darstellbar.

Durch den zweiten Aspekt der Erfindung wird ein hohes Maß an Flexibilität bei der Verarbeitung von Bilddaten erreicht. Insbesondere bei einer Umsetzung des Verfahrens mit einem Software-Programm können dabei eine Vielzahl von Glättungs- und/oder Skalierungsverfahren frei miteinander kombiniert werden und beim Drucken von Bildern sehr flexibel auf unterschiedlichste Druckdaten und Druckerauflösungen reagiert werden. Individuelle (auftragsspezifische) Skalier,- und/oder Glättungsregeln können dabei entweder bereits im Druckauftrag oder in der Druckeinrichtung, z.B. durch einen Bediener, vorgegeben oder ausgewählt werden

30

In einem dritten Aspekt der Erfindung werden pro Bildpunkt (Pixel) nicht nur binäre Daten (schwarz-weiß) verarbeitet, sondern pro Bildpunkt mehrere Bits oder Bytes umfassende Grauwerte oder Farbwerte. Dabei ist es einerseits möglich eine „Graustufenumsetzung“ durchzuführen, bei der sich das Ra-

ster auf die Graustufen bezieht und somit pro Bildpunkt von einem ersten Graustufen-Raster umgesetzt wird in ein zweites Graustufen-Raster, beispielsweise 4-Bit-Graustufenwerte entsprechend 16 Graustufen auf 6-Bit-Graustufenwerte entsprechend 64 Graustufen hochskaliert werden. Dabei kann auch eine Graustufen-Glättung erfolgen indem feiner abgestufte Grauwert-Übergänge zwischen den Bildpunkten im Zielraum erzeugt werden. Andererseits ist es dabei auch möglich, die mit Grauwerten behafteten Bildpunkte im Ortsraum (also im dots-per-inch-Raster) umzusetzen in ein feineres Ortsraum-Raster unter Beibehaltung der Graustufen-Auflösung. Analog zu diesen Graustufen-Umsetzungsvarianten können auch Farbstufen-Umsetzungen, beispielsweise ein Hochskalieren von einem 32-Farbbit-Raster in ein höher auflösendes 48-Farbbit-Raster, erfolgen. Dadurch ist auch eine zur Graustufen-Glättung analoge Farbglättung durchführbar.

Die Skalierungen und Glättungen im Ortsraum, im Graustufenraum und im Farbraum können dabei untereinander beliebig kombiniert werden.

In einem vierten Aspekt der Erfindung erfolgt die Verarbeitung der Daten byte-orientiert. Dabei kann mehreren Bildpunkten jeweils eine binäre Information zugeordnet sein und die Daten parallel verarbeitet werden. Den Bildpunkten (Pixeln) können aber auch Graustufen und/oder Farbwerte zugeordnet sein, die ihrerseits pro Pixel mehrere Bits oder Bytes umfassen. Eine byteweise Verarbeitung wirkt sich positiv auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit aus, weil digitale elektronische Komponenten, insbesondere im Bereich der Informationsverarbeitung, die Daten intern ebenfalls byteweise verarbeitet und weil dieses das Byte-Format ein allgemein übliches Speicherformat ist.

35 Die Daten werden dabei in einem Register mit jedem Verarbeitungstakt um eine bestimmte, von der Höhe des Glättungsfen-

sters abhängigen Anzahl von Positionen verschoben (geshif-
tet); nach Speicherung einer entsprechenden Anzahl von Bytes
(beispielsweise 3 Byte für eine Verarbeitung von 3 Zeilen mit
je 8 Pixeln, auf die jeweils ein 3 x 3-Glättungsfenster wir-
ken soll) stellen benachbarte Daten einen Index dar. Dieser
Index kann direkt zur Adressierung einer entsprechenden Glät-
tungsmatrix (z.B. 3 x 3) verwendet werden, wobei die Adressie-
rung entweder als Eingangssignal einer Hardwareschaltung oder
innerhalb einer Computer-Software direkt auf eine Look-Up-
10 Tabelle wirkt. Die zweidimensionale Aufgabenstellung, Bildda-
ten zu verarbeiten, wird dabei in eine eindimensionale Aufga-
benstellung umgewandelt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein Schiebere-
15 gister mit jeweils n Bytes pro Zeile pro Verarbeitungstakt
nach folgenden Regeln befüllt:

R_0 bis $R_{(A-1)}$ bleiben unberührt (Regel 1) und
 $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y))$ oder
20 $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, i \% Q_y)$ (Regel 2),

wobei gilt:

R_i : Wert des i -ten Registerpixels
 Q_x : Fensterbreite in x -Richtung
25 Q_y : Fensterbreite in y -Richtung
 $q(k,l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k,l)
 $/$: Integer-Division
 $\%$: Modulo-Division und
A = $W \times (Q_y \times (Q_x - 1))$. Das Schieberegister hat dabei eine
30 Breite B = $Q_y \times W \times ((8n/W) - 1 + Q_x)$, wobei $8n/W$ ganzzahlig
ist, mit

W: Wertigkeit eines Pixels, d.h. Bit pro Pixel (binär,
Graustufenwert, Farbwert)
35 B: Breite des Schieberegisters in Bit

Für $W = 1$ (binäre Daten) erhält man $B = Qy \times (8n-1 + Qx)$.

Es hat sich gezeigt, daß das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere bei einer Realisierung in Form eines Software-Programms auf einem Computer deutlich schneller abläuft als vergleichbare Verfahren, die zunächst eine Skalierung durchführen, das Ergebnis in einem Zwischenspeicher ablegen und erst dann die Glättung an den zwischengespeicherten Daten, d.h. im Zielraster durchführen. Vorteilhaft bei einer Umsetzung mittels Software ist, daß die Umschaltung sehr bedarfsgerecht innerhalb eines Druckjobs erfolgen kann - ist eine Umsetzung erforderlich, erfolgt diese mit den entsprechenden Modulen des Umsetzungsprogramms. Wenn keine Umsetzung erforderlich ist, dann werden die Daten weitergegeben, ohne von dem Umsetzungsprogramm bearbeitet zu werden. Die Flexibilität kann dabei soweit gesteigert sein, daß sogar innerhalb eines auszudruckenden Dokuments, d.h. innerhalb einer Seite, verschiedene Auflösungen verarbeitet werden. Während beispielsweise Text in einer Auflösung von 300 dpi durchaus gut zur Geltung kommt, ist es bei der Wiedergabe von Bildern in der Regel zweckmäßig, eine Auflösung 600 dpi oder höher zu wählen.

Bei der Glättung kann es erforderlich sein, zwischen Bildinformation und Textinformation zu unterscheiden und jeweils unterschiedliche bzw. keine Glättung vorzunehmen, beispielsweise um Moiré-Effekte zu vermeiden. Wird die Erfindung in einer Software angewandt, so kann der Vorteil erreicht werden, daß kein Aufwand zur Unterscheidung zwischen Texten und Bildern innerhalb eines Druckauftrages erforderlich ist. Diese Information ist vielfach bereits im Druckauftrag in Form unterschiedlicher Objektkennzeichen enthalten und kann zur Einstellung der Glättungsregeln verwendet werden.

Das Skalieren und Glätten kann in einem gemeinsamen Schritt mit einer Look-up-Tabelle erfolgen, die Daten für beide Vorgänge enthält. Vorzugsweise werden die Quelldaten dabei direkt zur Adressierung der Look-up-Tabelle verwendet.

5

Weitere Vorteile und Wirkungen der Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung deutlich, die durch Figuren ergänzt ist.

10 Es zeigen

Fig. 1 eine Vorgehensweise nach dem Stand der Technik

Fig. 2 ein mathematisches Modell, das der Erfindung zugrunde liegt

Fig. 3 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten bei einer Bilddaten-Umsetzung von 2×2 Quellpixeln

Fig. 4 ein Beispiel für eine Bilddaten-Umsetzung

Fig. 5 ein weiteres Beispiel für eine Bilddaten-Umsetzung

Fig. 6 verschiedene Darstellungen einer schrägen Linie in einem Bildraster

20 **Fig. 7** ein Glättungsfenster in einem Bildraster

Fig. 8 einen Skalierungsvorgang um einen Skalierfaktor 2

Fig. 9 einen Glättvorgang mit einer 5×5 -Matrix

Fig. 10 eine Skalierung um den Faktor 2,5

Fig. 11 eine einem Glättvorgang zugrundeliegende Skizze

25 **Fig. 12** verschiedene Fenster, auf denen eine Glättung beruht

Fig. 13 das Schema eines Glättungsergebnisses

Fig. 14 eine Veranschaulichung zur Überlagerung von Daten

Fig. 15 das Bearbeiten von Bilddaten mit einem Glättungsfenster

30 **Fig. 16** Die Ablage zweidimensionaler Bilddaten in ein eindimensionales Register

Fig. 17 die Umsetzung mehrerer Pixel einer Quellzeile in Registerpixel

Fig. 18 einen Datenverarbeitungsprozess, bei dem skalierte und geglättete Zielbilddaten direkt aus den Quellbilddaten gewonnen werden

Fig. 19 eine Umsetzung digitaler Bilddaten in Indexbits

5 **Fig. 20** eine Hardware-Anordnung zum Umsetzen digitaler Bilddaten

Fig. 21 ein Software-Konzept zum Umsetzen digitaler Bilddaten

Fig. 22 eine Variante zum Zusammensetzen von Zielbildmatrizen ohne Überlagerung von Quellpixeln und

10 **Fig. 23** das Ergebnis des Zusammensetzens der Figur 22.

Anhand der Figur 2 erfolgt zunächst eine grundsätzliche Untersuchung und eine mathematische Modellierung der Skalierung.

15 Den Betrachtungen für die Skalierung liegt das in Figur 2a dargestellte, diskrete $i-j$ -Koordinatensystem 6 zugrunde, wobei i den Pixel-Index in x -Richtung und j den Pixel-Index in y -Richtung bezeichnet.

20 Figur 2b zeigt beispielhaft eine Skalierung um einen Skalierungsfaktor 2 wie er bei einer Umsetzung von einem 300 dpi-Quellraster auf ein 600 dpi-Zielraster vorkommt. Dabei wird jedes Quellpixel 7 zweidimensional behandelt, d.h. in jede der Richtungen x und y verdoppelt. Die Rasterabstände sind im 25 Quellraster doppelt so groß wie im Zielraster. Aus einem Pixel 7 im Quellbereich werden vier Pixel 8 im Zielbereich. Wie in Figur 2c gezeigt ist, kann der Skalierungsfaktor auch unterschiedlich in den x - und y -Richtungen sein, beispielsweise den Wert 2 in x -Richtung und den Wert 3 in y -Richtung haben.

Nicht ganzzahliger Skalierfaktor

Soll ein nicht ganzzahliger Skalierfaktor zugrunde gelegt werden, beispielsweise der Skalierfaktor 2,5 entsprechend einer Umsetzung von einem 240-dpi-Quellraster auf ein 600 dpi-Zielraster, so wird analog wie bei ganzzahligen Skalierfaktoren vorgegangen. In Figur 2d ist diese Vorgehensweise schematisch dargestellt. Aus einem Pixel 7 im Quellbereich werden theoretisch $2,5 \times 2,5$ Pixel 8 im Zielbereich.

10

Da sich halbe Pixel digital nicht darstellen lassen, wird als Ausgangsbasis für den Skalierungsvorgang zunächst eine Gruppe von Pixeln betrachtet, wobei eine Lösung zu folgender Aufgabe gefunden werden muß:

15 „Gesucht wird die kleinste ganze Zahl an Quellpixeln für jede Koordinaten-Richtung, die bei der Skalierung zu einer ganzen Zahl an Zielpixeln in der selben Richtung führt.“

20 Für eine Umsetzung von 240 dpi auf 600 dpi ist diese Bedingung beispielsweise mit 2 Quellpixeln und 5 Zielpixeln erfüllt. Geht man von einem 2 x 2-Pixel-Quadrat im Quellbereich aus, so erhält man bei Skalierfaktor 2,5 ein 5 x 5-Pixel-Quadrat im Zielbereich.

25

Aus den 2 x 2 Pixeln im Quellbereich ergeben sich 16 Kombinationen, die auf den Zielbereich abgebildet werden müssen. Diese 16 Kombinationen möglicher Quellquadrate 9 im Quellbereich sind in Figur 3 dargestellt, wobei schwarze Pixel für die binäre Information „1“ stehen. Rechts neben den 2 x 2-Pixel-Quadranten der Quelldaten sind jeweils drei mögliche

Zielquadrate 10 in der 5 x 5-Zielmatrix angegeben, auf die diese Quelldaten abgebildet werden können.

Ein Beispiel für eine Umsetzung mit einem nicht ganzzahligen 5 Skalierfaktor wird weiter unten (Figuren 10 bis 13) angegeben.

Mathematisches Modell für das Skalierverfahren

Bei ganzzahligen Skalierfaktoren wird in einem ersten Skalierverfahren nach folgender Formel vorgegangen:

10

$$sc_{(i,j)} = q_{\left(\frac{i}{sx}, \frac{j}{sy}\right)} \quad (\text{Gleichung 2}),$$

mit:

sc_(i,j) Wert des zu berechnenden Zielpixels (0 oder 1)
 i, j Koordinaten im Zielraster
 15 q_(a,b) Wert des entsprechenden Quellpixels
 sx Skalierfaktor in x-Richtung
 sy Skalierfaktor in y-Richtung.

Ein Quellpixel wird auf ein Rechteck mit sx * sy Zielpixel 20 abgebildet, d.h. mehrere Zielpixel werden von einem Quellpixel abgeleitet.

Die Zielpixel erhalten den gleichen Wert (0/1 bei binären Daten, Graustufen bzw. Farbwert bei nicht binären Daten) wie 25 das Quellpixel. Bei nicht ganzzahligen Skalierfaktoren gehen die Skalierfaktoren als Bruch in Gleichung 2 ein:

$$sc_{(i,j)} = q_{\left(i \cdot \frac{sx_N}{sx_z}, j \cdot \frac{sy_N}{sy_z}\right)} \quad (\text{Gleichung 3})$$

mit

s_{x_N} Nenner des Skalierfaktors in x-Richtung
 s_{x_z} Zähler des Skalierfaktors in x-Richtung
 s_{y_N} Nenner des Skalierfaktors in x-Richtung
5 s_{y_z} Zähler des Skalierfaktors in y-Richtung

In Figur 4 ist ein entsprechendes Beispiel mit $s_x = 1.5 = 3/2$ und $s_y = 2,5 = 5/2$ gezeigt, wobei vier Quellpixel 7 in 15 Zielpixel 8 umgesetzt werden.

10

Skalieren mit nicht ganzzahligen Skalierfaktoren nach Gleichung 3 ergibt unsymmetrische Ergebnisse. Wie bei ganzzahligen Skalierfaktoren wird jedes Zielpixel aus einem Quellpixel abgeleitet. Die Anzahl der Zielpixel, die aus einem bestimmten Quellpixel abgeleitet wird, hängt dabei aber vom Ort der Zielpixel ab und ist nicht immer gleich, daher entsteht eine 15 Unsymmetrie.

Eine Verbesserung gegenüber dem ersten Skalierverfahren erhält man, wenn ein Rechteck aus $s_{x_N} * s_{y_N}$ Quellpixeln zu einem Block 7' zusammengefasst wird, der sich im Zielbereich ohne Teilpixel darstellen lässt. Solche Rechtecke werden blockweise in entsprechende Zielblöcke 8' mit $s_{x_z} * s_{y_z}$ Zielpixeln skaliert, indem jedes Zielpixel über eine logische 20 Gleichung von den Quellpixeln aus dem Quellblock abgeleitet wird. Jedes Zielpixel kann dann von mehreren bzw. von einem bis zu von allen Quellpixeln abhängig sein. Die zu Figur 4 beschriebene Umsetzung könnte dann so aussehen wie in Figur 5 25 dargestellt.

30

Dabei werden folgende logische Gleichungen angewandt:

$$sc(0,0) = sc(0,1) = q(0,0)$$

```

sc(0,3) = sc(0,4) = q(0,1)
sc(2,0) = sc(2,1) = q(1,0)
sc(2,3) = sc(2,4) = q(1,1)
sc(1,0) = (q(0,0) && !q(1,1)) || (q(0,1) && !q(1,0))
5 sc(1,4) = (q(1,0) && !q(0,1)) || (q(1,1) && !q(0,0))
sc(0,2) = q(0,0) || q(0,1)
sc(2,2) = q(1,0) || q(1,1)
sc(1,1) = (q(0,0) && q(1,0)) || (q(0,0) && q(1,1)) ||
(q(1,0) && q(0,1))
10 sc(1,3) = (q(0,1) && q(1,1)) || (q(0,1) && q(1,0)) ||
(q(1,1) && q(0,0))
sc(1,2) = (q(0,0) && q(1,1)) || (q(1,0) && q(0,1))

```

Für jedes Zielpixel existiert eine Gleichung, pro Block gibt
15 es $sxZ * syZ$ Gleichungen, die Abhängigkeiten von $sxN * syN$
Quellpixeln enthalten. Dies sieht dann in allgemeiner Form so
aus:

$$\begin{aligned}
sc_{(i,j)} = & fscal\langle i\%sxZ, j\%syZ \rangle (q_{(i*\frac{sx_N}{sx_Z} - (i\%SX_N) + 0, j*\frac{sy_N}{sy_Z} - (j\%SY_N) + 0)}, \dots, \\
& q_{(i*\frac{sx_N}{sx_Z} - (i\%SX_N) + (SX_N - 1), j*\frac{sy_N}{sy_Z} - (j\%SY_N) + 0)}, \\
& \dots \\
& q_{(i*\frac{sx_N}{sx_Z} - (i\%SX_N) + 0, j*\frac{sy_N}{sy_Z} - (j\%SY_N) + (SY_N - 1)}, \dots, \\
& q_{(i*\frac{sx_N}{sx_Z} - (i\%SX_N) + (SX_N - 1), j*\frac{sy_N}{sy_Z} - (j\%SY_N) + (SY_N - 1))})
\end{aligned}$$

(Gleichung 4), wobei wiederum gilt:

- := Integer Division
% := Modulo Division.

5

Gleichung 4 beschreibt ein allgemeines Skalierverfahren, unter das die beiden oben beschriebenen Skalierverfahren fallen.

10 Es existieren $(sx_z * sy_z)$ logische Gleichungen mit jeweils bis zu $(sx_N * sy_N)$ Abhängigen. An den oberen und rechten Rändern kann es vorkommen, daß die Quellblöcke nicht vollständig mit Quellpixeln belegt sind, die Breite und Höhe des Quellbildes ist beliebig und nicht unbedingt ein Vielfaches der Quellblöcke. Nicht vorhandene Elemente müssen als nicht gesetzt angenommen werden, üblicherweise weiß (0).

15

Mathematische Modellierung der Kantenglättung im Zielraster

Bei einer Kantenglättung wird jedes Pixel in seiner Umgebung betrachtet. Dazu wird ein quadratisches Glättungsfenster (Glättungsmatrix) mit ungerader Pixel-Kantenlänge über alle zu glättenden Pixel hinweggeschoben. Abhängig von der Umgebung und dem eigenen Pixelwert (der erkannten Struktur im Glättungsfenster) wird entschieden, ob das Pixel bei binären Daten schwarz oder weiß werden soll, bei Grau- oder Farbwerken wird der resultierende Wert bestimmt. In Summe über alle Pixel werden üblicherweise nur Pixelwerte verschoben, die Summe der gesetzten bzw. nicht gesetzten Pixel mit den digitalen Werten „0“ bzw. „1“ bzw. der durchschnittliche Grau-, oder Farbwert bleibt nahezu gleich.

20

25

30

Gemäß dem aus der DE 195 06 792 A1 bekannten Verfahren erfolgt das Glätten durch Hinzufügen und Entfernen von Pixeln, die zu erkennenden und zu korrigierenden Strukturen werden auch als Regeln bezeichnet. Die Größe der zu betrachtenden 5 Umgebung (Größe des Glättungsfensters, der Glättungsmatrix) hängt von der Vorgabe ab, welche Strukturen zu Erkennen und zu Glätten sind.

10 Im folgenden wird die Umgebung eines Pixels in Form einer Ordnung der zu betrachtenden Nachbarn beschrieben. Nachbarn erster Ordnung sind die direkten Nachbarn, d.h., alle Pixel die mindestens eine Ecke mit dem zu untersuchenden Pixel teilen. Insgesamt ergibt dies das untersuchte Pixel und acht Nachbarn. Nachbarn zweiter Ordnung sind alle Pixel, die mit 15 den Nachbarn erster Ordnung mindestens eine Ecke teilen usw.

Tabellarisch ergibt dies folgende Situation:

	zu erkennende Struktur	Ordnung	Größe des Glättungsfensters	zu betrachtende Pixel
20	45°-Linien (1-1)	1	3 x 3	9
	(1-2)/(2-1)- Linien	2	5 x 5	25
	(1-3)/(3-1)- Linien	3	7 x 7	49
25	(1-4)/(4-1)- Linien	4	9 x 9	81

(Tabelle 1).

30 Für eine Glättung mit einer 5 x 5-Erkennungsmatrix erhält man dann

$$sm_{(i,j)} = fsmooth(p_{(i-2,j-2)}, p_{(i-1,j-2)}, p_{(i,j-2)}, p_{(i+1,j-2)}, p_{(i+2,j-2)}, \\ p_{(i-2,j-1)}, p_{(i-1,j-1)}, p_{(i,j-1)}, p_{(i+1,j-1)}, p_{(i+2,j-1)}, \\ p_{(i-2,j)}, p_{(i-1,j)}, p_{(i,j)}, p_{(i+1,j)}, p_{(i+2,j)}, \\ p_{(i+2,j+1)}, p_{(i-1,j+1)}, p_{(i,j+1)}, p_{(i+1,j+1)}, p_{(i+2,j+1)}, \\ p_{(i-2,j+2)}, p_{(i-1,j+2)}, p_{(i,j+2)}, p_{(i+1,j+2)}, p_{(i+2,j+2)})$$

5

(Gleichung 5).

Die allgemeine Gleichung für das Glätten im Zielraster lautet:

$$sm_{(i,j)} = fsmooth(p_{(i-\frac{G}{2},j-\frac{G}{2})}, \dots, p_{(i+\frac{G}{2},j-\frac{G}{2})}, \\ \dots, p_{(i,j)}, \\ p_{(i-\frac{G}{2},j+\frac{G}{2})}, \dots, p_{(i+\frac{G}{2},j+\frac{G}{2})})$$

15 (Gleichung 6), wobei gilt:

sm(i,j)	Wert des zu untersuchenden Pixels nach der Glättung
p	Wert eines Pixels aus dem Glättungsfenster
G	Größe des Glättungsfensters
20 fsmooth	Logische Gleichung mit G X G Abhängigen, welche die Glättung beschreibt und
-	Integer-Division.

Der oben beschriebene Glättungsvorgang wird im folgenden anhand des in Figur 6 dargestellten Beispiels mit binären Daten veranschaulicht. Dabei wird eine 45°-Linie geglättet.

Zunächst muß das Vorliegen einer zu glättenden Struktur untersucht werden. Dazu wird eine Erkennungs-Matrix aus 3 x 3

(oder 5×5 , 7×7 , ...) Pixeln über das Bild geschoben. Wird eine zu glättende Struktur erkannt, so wird der Wert des Pixels im Zentrum dieser Matrix für den Zielbereich bestimmt. Liegt dagegen keine zu glättende Struktur vor, so bleibt der 5 Pixelwert unverändert. Die Bedingungen für das Vorliegen einer zu glättenden Struktur werden als Regeln bezeichnet.

Innerhalb des in Figur 6a dargestellten Bildes wird in Zeilenrichtung zunächst von links nach rechts vorgegangen. Dabei 10 werden weiße Eckpixel 11 (leere Ecken an weiß-schwarz-Übergängen) an den durch die Regeln erkannten Strukturen auf „schwarz“ gesetzt, wodurch das in Figur 6b dargestellte Bild entsteht. Pixel, auf die keine der Regeln Anwendung findet, bleiben unverändert. Dann werden von rechts nach links 15 schwarze Eckpixel 12 an den durch die Regeln gegebenen Strukturen (bei weiß-schwarz-Übergängen) auf „weiß“ gesetzt, wodurch das in Figur 6c dargestellte Bild entsteht.

Dasselbe Ergebnis (Figur 6c) kann erreicht werden, wenn bei 20 dem in Figur 6a dargestellten Bildausschnitt von links nach rechts Eckpixel bei schwarz - weiß - Übergängen entfernt werden. Letzteres Verfahren ist einstufig, weil Zufügen und Entfernen in einem Arbeitsgang durchgeführt werden.

25 Zum Glätten digitaler Bilddaten werden folgende Regeln benutzt:

- Erkennen und Glätten von 45° -Linien (2-2-Linien, zwei Einheiten in x-Richtung, zwei in y-Richtung)
- Beibehalten von rechtwinkligen Ecken, nicht Glätten
- 30 - Erkennen und Glätten von 2-4-Linien
- Evtl. Erkennen und Glätten von 2-x-Linien, je nach Größe der Erkennungs - Matrix (x ist eine gerade Zahl > 2).

Berücksichtigt man alle Regeln für die vier Ausgangsrichtungen und für die Spiegelung (2-4-Linien sind dann äquivalent zu 4-2-Linien), so ergibt dies insgesamt acht Unterregeln.

Randprobleme beim Glätten

5 An den Rändern des zu glättenden Bildes (oben, unten, links, rechts) stehen nicht alle Pixel für die Erkennungs - Matrix zur Verfügung. Nicht vorhandene Pixel (z.B. das in Figur 7 gezeigte Pixel 13 links neben dem Bildausschnitt 14) werden als nicht gesetzt, d.h. als weiß, betrachtet.

10

Zusammenfassen von Skalieren und Glätten zu einem Verfahren, das im Quellraster arbeitet

15 Die beiden Verfahren zum Skalieren und zum Kantenglätten sollen nun kombiniert werden. Dazu wird die Glättungsgleichung 6 in eine der Skalierungsgleichungen 2 oder 3 eingesetzt.

Ausgehend von einer Skalierung mit ganzzahligen Skalierfaktoren nach Gleichung 2 erhält man

20

$$sm_{(i,j)} = fsmooth(q_{\frac{i-\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j-\frac{G}{2}}{sy}}, \dots, q_{\frac{i+\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j-\frac{G}{2}}{sy}},$$

$$\dots, q_{\frac{i}{sx}, \frac{j}{sy}},$$

25

$$q_{\frac{i-\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j+\frac{G}{2}}{sy}}, \dots, q_{\frac{i+\frac{G}{2}}{sx}, \frac{j+\frac{G}{2}}{sy}})$$

(Gleichung 7).

5

Betrachten wir ein spezielles Beispiel mit

$s_x = s_y = 2$ und $G = 5$:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i,j)} &= fsmooth(q_{(\frac{i-2}{2}, \frac{j-2}{2})}, \dots, q_{(\frac{i+2}{2}, \frac{j-2}{2})}, \\
 10 &\quad \dots, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, \dots \\
 &\quad q_{(\frac{i-2}{2}, \frac{j+2}{2})}, \dots, q_{(\frac{i+2}{2}, \frac{j+2}{2})}) \\
 &= fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, \dots, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 15 &\quad \dots, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, \dots \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, \dots, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

20

Für gerade i und gerade j folgt dann:

$$\begin{aligned}
sm_{(i_g, j_g)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
\end{aligned}$$

Für ungerade i und gerade j:

$$\begin{aligned}
sm_{(i_u, j_g)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
sm_{(i_g, j_u)} = & fsmooth(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, \\
& q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
\end{aligned}$$

Für gerade i und ungerade j :

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_u, j_u)} = fsmooth(&q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, \\
 &q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, \\
 &q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Für ungerade i und ungerade j :

5

Betrachtet man die in den Formeln vorhandenen Abhängigen erhält man:

$$\begin{aligned}
 sm_{(i_g, j_g)} &= fsmooth_{gg}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_u, j_g)} &= fsmooth_{ug}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_g, j_u)} &= fsmooth_{gu}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)}) \\
 sm_{(i_u, j_u)} &= fsmooth_{uu}(q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}-1)}, q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2})}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2})}, \\
 &\quad q_{(\frac{i}{2}-1, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}, \frac{j}{2}+1)}, q_{(\frac{i}{2}+1, \frac{j}{2}+1)})
 \end{aligned}$$

Man kann nun erkennen, daß die Gleichungen für gerade und für ungerade (i, j) jeweils die gleichen Elemente enthalten.

5 Ausgehend von einem Quadrat der Kantenlänge zwei an zu berechnenden Zielpixeln, bei dem die linke untere Ecke gerade i und gerade j repräsentiert, lässt sich folgendes schließen:

10 - Aus neun Quellelementen bzw. neun Quellpixeln kann man vier Zielpixel bestimmen.

- Die vier Zielpixel werden zwar aus den gleichen Quellpixeln berechnet, die Abhängigen stehen aber an verschiedenen Stellen in den Ausgangsgleichungen, man erhält für jedes der vier Pixel eine eigene Gleichung.

15 Um die geforderte Qualität einer Zielmatrix der Größe 5 zu erhalten reicht im Quellbereich eine Matrix der Größe 3 aus,

d.h. die Gleichungen enthalten im Quellbereich nur 9 Abhängigkeiten anstatt 25 im Zielbereich.

- Aus einem Quellpixel (mit Umgebung) können vier Zielpixel parallel (nach eigenen Gleichungen) berechnet werden. Dadurch

5 steigt zwar der Berechnungsaufwand, aber auch die Geschwindigkeit, die vier Zielpixel werden dabei parallel und unabhängig voneinander berechnet. Je nach Gleichungen ist ein Zusammenfassen bestimmter logischer Teiloerationen möglich.

10 - Zur Glättung wird nicht mehr das Zwischen-Bild herangezogen, das $sx * sy$ (in unserem Fall $2*2=4$) mal größer ist als das Quellbild. Beim glättenden Skalieren muß daher nur ein viertel der Datenmenge die Glättungsoperation durchlaufen.

15 - Die Skalierung ist im Prozeß enthalten, die Daten müssen nur einmal bearbeitet werden, nicht zweimal wie bei den oben beschriebenen, bekannten Verfahren.

- In Summe ermöglicht das glättende Skalieren im Quellraster eine schnellere Durchführung der Operationen bei gleicher Qualität als im zweistufigen Prozeß.

20 - Je größer der Skalierfaktor ist, umso größer ist der relative Gewinn durch das einstufige Verfahren zum Glätten und Skalieren.

25 - Das beschriebene Verfahren ermöglicht die Kombination aller Skalier- und Glättungsregeln, die sich nach den Gleichungen 2, 3, 4 und 6 beschreiben lassen.

Dieses Beispiel läßt sich wie folgt verallgemeinern:

30 - Ausgegangen wird von dem kleinsten Rechteck im Quellbereich, das sich direkt in den Zielbereich abbilden läßt (bei ganzzahligen Skalierfaktoren nur ein Pixel).

- Man zeichnet das Rechteck mit den Zielpixeln (Zielrechteck). Um jedes Eck-Zielpixel legt man die Glättungsmatrix mit Kantenlänge G im Zielbereich.

5 - Aus der Ausdehnung läßt sich die Größe des zu betrachtenden Quell-Rechtecks bestimmen.

- Alle Zielpixel im Zielrechteck lassen sich aus den Quell-Pixeln im Quell-Rechteck berechnen. Nur die Quellmatrix muß zur Berechnung durchlaufen werden. Die Pixel im Zielrechteck lassen sich parallel unabhängig voneinander bestimmen.

10

Anhand der Figuren 8 und 9 sollen die Verbesserungen veranschaulicht werden, die sich durch das Glätten der Bilddaten im Raster des Quellbildes ergeben.

15 Es wird von einem Quellbild ausgegangen, das um den Faktor 2 skaliert und dann geglättet werden soll. In dem Quellbild wird ein Bereich 15 von 3 x 3 Pixeln betrachtet. Nach dem Skalieren mit einem Faktor 2 wird daraus ein Bereich 16 des Zwischenbilds mit der Größe 6 x 6 Pixel erhalten.

20

Innerhalb des Bereichs 16 soll nun eine Glättung mit einer Filterfenster 17 der Größe 5 x 5 durchgeführt werden. Dieses 5 x 5 - Fenster läßt sich viermal in dem Bereich 16 unterbringen. Einmal wie in Figur 9a gezeigt und weiter wie in den 25 Figuren 9b, 9c und 9d gezeigt. Jede der in den Figuren 9a bis 9d dargestellten Operationen läßt sich rechnerisch durch eine Erkennungsmatrix darstellen, wobei pro Matrix je ein Pixelwert bestimmt wird. Aus der in Figur 9a dargestellten Position des Filterfensters 17 wird beispielsweise der Wert des Pixel 30 xels 18 berechnet.

Aus den Erkennungsmatrizen, die den Figuren 9a bis 9d zugrunde liegen, erhält man vier geglättete Ziel-Pixel 18, 19, 20

und 21. Diese Gruppe von Zielpixeln ist in Figur 9e gemeinsam mit 22 bezeichnet.

Die 3×3 -Quell-Matrix 15 beschreibt 512 mögliche Pixelkombinationen. Für jede dieser Kombinationen lässt sich mit einem allgemeinen Skalierverfahren (Skalierfaktor 2) eine Zwischenmatrix bestimmen, aus der sich dann mit einer 5×5 - Glättung 4 Zielpixel ergeben. Das Skalieren und das Glätten kann in einem Schritt ausgeführt werden, da ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Quellmatrix (Zentral - Pixel mit 8 Umgebungspixeln) und den Zielpixeln (Ziel - Matrix) besteht. Jedes Quellpixel wird dabei unter Berücksichtigung seiner Umgebung direkt in vier Zielpixel umgesetzt.

Bei einer größeren Quellmatrix (z.B. 5×5 Pixel), ist bei Skalierfaktor 2 eine Glättung mit einer größeren Erkennungsmatrix (z.B. mit einer 9×9 -Matrix) möglich, um wieder 4 Ziel-Pixel zu erhalten. Folgende Gleichung beschreibt dieses Verhalten für ganzzahlige, in den x- und y-Richtungen gleiche Skalierfaktoren s:

$$e = s * (q_M - 1) + 1 \quad (\text{Gleichung 8}),$$

wobei

q_M : Größe der Quell - Matrix,

e: Größe der Erkennungsmatrix im Zielraster und

s: Skalierfaktor bezeichnen.

Beispiel für nicht ganzzahlige Skalierfaktoren

Ein Beispiel für einen Skalier- und Glättvorgang, bei dem Gleichung 6 mit $s_x = s_y = 2.5$ und $G = 5$ gilt, wird anhand der

Figuren 10 bis 13 beschrieben. Ein Quellpixel-Quadrat 23 der Kantenlänge 2 entsprechend der durch die Rasterlinien 23' und 23'' vorgegebenen Rasterweite $RW1 = 1/240$ inch (Quellraster, 240 dpi) wird dabei auf ein Zielpixel-Quadrat 24 der 5 Kantenlänge 5 entsprechend der durch die Rasterlinien 24' und 24'' vorgegebenen Rasterweite $RW2 = 1/600$ inch (Zielraster, 600 dpi) in der Skalierung abgebildet.

Um jedes der 5×5 Ziel-Pixel, das innerhalb des 2×2 Quellpixel-Quadrats 23 liegt, wird eine Glättungsmatrix gelegt (Figur 11). Unter Berücksichtigung der Nachbarn erster Ordnung ergeben sich die Werte für die 5×5 Zielpixel nach obiger Beschreibung aus einer Gruppe 25 von 4×4 Quellpixeln, bei $G=5$.

15

Besonderes Ausführungsbeispiel für nicht ganzzahlige Skalierungsfaktoren

Im oben beschriebenen Verfahren werden $5 \times 5 = 25$ Zielpixel aus $4 \times 4 = 16$ Quellpixeln erzeugt. Realisiert man dieses Verfahren in Software mit einer Look-Up-Tabelle, so umfaßt diese Tabelle 65536 Einträge zu je 25 Bit. Aufgrund der byteweisen Arbeitsweise von Mikroprozessoren sind dann 65536×4 Byte = 262144 Bytes durch die Tabelle belegt. Eine 25 derart große Tabelle läßt sich meist nicht mehr im Cache-Speicher üblicher Mikroprozessoren unterbringen. Die Abarbeitung der Daten kann deshalb nur relativ langsam erfolgen. Um die Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen, werden in einer verbesserten Verfahrensweise jeweils kleinere Gruppen von 30 Quellpixeln gemeinsam verarbeitet, bei der je 3×3 Zielpixel nur von je 3×3 Quellpixeln abhängig sind. Der oben beschriebene Arbeitsgang wird dabei in vier Teilschritte unterteilt. Für jeden Schritt wird eine Tabelle verwendet, mit der aus 9 Quellpixeln 9 Zielpixel erzeugt werden. Dazu werden

4 x 512 Einträge á 9 Bit bzw. eine Tabellengröße von 4096 Byte benötigt. Gegenüber den o.g. 262144 Bytes ist dies eine Speicherreduktion um den Faktor 64. Die derart erzeugten, 3 x 3 Zielpixel werden dann in Form einer „ODER“-Operation 5 übereinandergelegt.

Die Figuren 12 und 13 veranschaulichen diesen Vorgang: In Figur 12 sind vier Quellpixel 2-2, 2-3, 3-2 bzw. 3-3 mit ihren jeweiligen Umgebungs-Quellpixeln gezeigt, also Quellpixel-10 Fenster 52a, 52b, 52c, 52d. Die Quellpixel liegen in einem 240 dpi-Raster vor. Aus den Quellpixeln 2-2, 2-3, 3-2 und 3-3 soll jeweils ein 3 x 3-Zielpixel-Quadrat (Matrix) 26, 27, 28 bzw. 29 gebildet werden, beispielsweise zu Quellpixel 2-2 das Zielpixel-Quadrat 26, zu Quellpixel 2-3 das Zielpixel-Quadrat 15 27 usw. Die Zielpixel-Quadrate 26, 27, 28, 29 werden dann so übereinandergelegt, daß jeweils die Linien 31, 31', 31'' und 31''' miteinander fluchten sowie die Linien 32, 32', 32'' und 32'''. Durch diese Überlagerung kommen gleiche Quellpixel (1-2, 1-3; 2-1..2-4; 3-1..3-4; 4-2, 4-3) der Quellpixel-20 Fenster 52a..52d deckungsgleich aufeinander zu liegen. Weiterhin ergibt sich dadurch das 5 x 5-Zielpixel-Quadrat 30 der Figur 13 entsprechend der höheren 600 dpi-Auflösung. Bezogen auf die umzusetzenden Quellpixel 2-2, 2-3, 3-2 und 3-3 erfolgt die Umsetzung dabei einzelpixelweise und bildzeilenweise nach folgenden Regeln:

In der ersten Bildzeile und allen Folgezeilen mit ungeradzahligem Zeilennummer werden das erste und alle nachfolgenden ungeradzahligen Quellpixeln gemäß dem Quellpixelfenster 52a 30 umgesetzt (je eine Zielpixel-Matrix der Art 26 gebildet), das zweite und alle nachfolgenden geradzahligen Quellpixel dieser Zeilen werden gemäß Quellpixel-Fenster 52b umgesetzt (je eine Zielpixel-Matrix der Art 27 gebildet). In der zweiten Bildzeile und allen Folgezeilen mit geradzahligem Zeilennummer

werden das erste und alle ungeradzahligen Folge-Quellpixel jeweils gemäß dem Quellpixel-Fenster 52c in eine Zielpixel-Matrix der Art 28 umgesetzt sowie die geradzahligen Quellpixel gemäß dem Quellpixel-Fenster 52d in eine Zielpixel-Matrix 5 der Art 29.

Die soeben beschriebene Aufteilung in vier Schritte ist möglich, wenn die je 3×3 Zielpixel-Quadrat (Matrizen) 26, 27, 28, 29 in Figur 12 nur von den jeweils 3×3 Quellpixel-Fenstern 52a, 52b, 52c, 52d abhängig sind. Dies wird durch das verwendete Skalierverfahren vorgegeben und ist bei vielen Skalierverfahren auch gegeben. Die mit einer „ODER“-Operation übereinandergelegten Pixel sind gleich.

15 Alternativ zu dem beschriebenen symmetrischen Bestimmen und Zusammenfügen durch Ineinanderschieben (Überlappen) der Quellpixel ist auch ein unsymmetrisches Bestimmen und Zusammenfügen gemäß den Figuren 22 und 23 möglich. Dabei wird beispielsweise aus dem Quellpixel 2-2 ein 3×3 - Zielpixel-Quadrat 53 gebildet, aus dem Quellpixel 2-3 ein 2×3 - Zielpixel-Rechteck 54, aus dem Quellpixel 3-2 ein 3×2 - Zielpixel-Rechteck 55 und aus dem Quellpixel 3-3 ein 2×2 - Zielpixel-Quadrat 56. Die dadurch gebildeten Zielpixel-Rechtecke bzw. Quadrate 53, 54, 55 und 56 (Zielbild-Matrizen) 20 werden dann ohne Überlapp als Zielbild zusammengefügt. Die übrigen, bei der symmetrischen Verarbeitung genannten Verfahrensschritte (z.B. Registereintrag, Indexbildung, zeilenweises Vorgehen) werden dabei identisch durchgeführt.

25 30 Die oben beschriebenen Varianten zur Bildung der Zielpixel-Quadrate können für bestimmte Implementierungen von Vorteil sein. Natürlich lassen sich die gleichen Prinzipien auch auf andere Werte von sx, sy und G anwenden.

Byteweises Verarbeiten der Quellpixel zur Umwandlung des zweidimensionalen Problems in ein eindimensionales

5 Das vorgestellte Verfahren wandelt Rechtecke von Quellpixeln in Rechtecke von Zielpixeln um. Bei einer in Hardware, Software oder Firmware realisierten digitalen Datenverarbeitung lässt sich im allgemeinen ein Byte-orientiertes Vorgehen besser auf die Arbeitsweise der elektronischen Komponenten ab-
10 bilden als ein Bit-orientiertes Vorgehen. Quellpixel liegen im allgemeinen als Quellimage in einem Speicherbereich vor, der Byte-orientiert in Zeilen organisiert ist. Eine gespeicherte Zeile entspricht dabei einer Bildzeile (Scanline).

15 Anhand der Figuren 15 bis 18 wird eine Byte-orientierte Verfahrensweise veranschaulicht, mit der die Quellpixel eindimensional mit Hilfe eines Schieberegisters verarbeitet werden. Dazu werden die Quellpixel gemäß bestimmten Konventionen in das Schieberegister eingetragen, wie in Figur 16 gezeigt.
20 Dies kann direkt in Hardware passieren, indem die einzelnen Zeilen an die entsprechenden Stellen im Register übernommen werden. Bei einer Realisierung in Software wird aus Performancegründen eine Look-Up-Tabelle verwendet. Diese Tabelle ist gemäß Figur 17 aufgebaut. Beim Eintragen in das Register
25 wird die obere Scanline nach Umsetzung direkt in das Register kopiert, die nächste Scanline wird nach Umsetzung um eine Pixelposition nach links verschoben (shift) und dann in das Register eingetragen, die 3. Scanline wird nach Umsetzung um 2 Positionen nach links versetzt in das Register eingetragen
30 (Figur 18).

Im Detail läuft diese Vorgehensweise wie folgt ab: In Figur 15a ist ein Ausschnitt 33, der drei durch die Linien 34 und

34' begrenzte, übereinanderliegende und jeweils acht Pixel breite Streifen 35, 35' und 35'' des Quellbildes dargestellt. Links daneben ist jeweils das letzte Pixel der vorigen acht, rechts daneben ist jeweils das erste Pixel der nächsten acht 5 Pixel noch dargestellt. Über diese Struktur wird von links nach rechts ein 3 x 3 Erkennungs-Fenster 36 geschoben. Die Sequenz der Figuren 15a, 15b, 15c und 15d veranschaulicht dies für die ersten vier Schiebevorgänge.

10 Die Schiebewirkung wird durch bestimmtes Eintragen in das Register 37 und durch Verschieben (shift) um 3 Positionen nach rechts erreicht, wie in Figur 16 mit den Verarbeitungsschritt 45 veranschaulicht. Die acht in einer Bildzeile nebeneinander liegenden Werte(1 byte) werden dabei von rechts nach links 15 jeweils so in das Register 37 eingetragen, daß benachbarte Zeilenwerte im Register um jeweils drei Plätze voneinander beabstandet sind.

Wenn in der Darstellung „Pxy“ x und y jeweils den Index in x- 20 bzw. y-Richtung angeben und „Rn“ die n-te Position im Register 37, dann werden zum Beispiel die Werte der Pixel P11, P15 und P18 (Bildzeile 36) im Register 37 an den Positionen R1, R13 und R22 abgespeichert. Die jeweils ersten Werte P21 25 und P31 der nachfolgenden Bildzeilen 34 und 35 liegen dagegen im Register direkt neben dem Wert von P11 an den Positionen R2 und R3. Hierdurch wird erreicht, daß die zweidimensionalen Pixelwerte des Bildes byte- und zeilenweise in das eindimensionale Register eingetragen werden können und daß die Werte im Register spaltenweise zum Auslesen bereit stehen. Es er- 30 folgt also eine Abbildung der zweidimensionalen Werte des Bildes in das eindimensionale Register 37.

Die $3 \times 3 = 9$ Pixel des Fensters 36' ergeben den Index für die kombinierte Skalier-Glättungs-Tabelle. Dieser Index lässt sich aus dem Register 37 direkt entnehmen als der aus dem Bereich 38 (die 9 rechten, benachbarten Bits des Registers 37) gebildete Wert. Die Bits dieses Werts entsprechen dem Erkennungsfenster und ergeben die geglätteten Zielpixel.

Die entsprechenden Indices für die restlichen sieben Bits einer Bildzeile (35, 35' oder 35'') erhält man anschließend durch jeweiliges Shiften der Registerwerte um 3 Stellen nach rechts. Dieser Shift-Vorgang entspricht dann dem Schieben des Erkennungsfensters 36 in der Sequenz der Figuren 15a bis 15d.

Die Indexdaten können einmal für jeden Block aus 3 Byte Quelldaten in einem Register aufgebaut werden. Das Bestimmen der Indices für die Skalierungs-Glättungsmatrizen einer Bildzeile lässt sich dann noch weiter optimieren. Der Aufbau des Indexregisters aus dem jeweiligen Byte lässt sich dann nämlich in nur einem Schritt über eine Tabelle realisieren, die die in Figur 17 schematisch gezeigten Eigenschaften hat.

Die Linien 39 verbinden jeweils die linke Kante einer Quelle 40 mit der dazu gehörenden Registerposition 41. Für die beiden unteren Bytes der Quelle wird die Umsetztabelle dann einfach um 1 Pixel (das mittlere) oder um 2 Pixel (das untere Byte) nach links geschoben und auf das Indexregister geodert. Diese Umsetztabelle wird im folgenden als Indextabelle bezeichnet.

Die Figur 18 veranschaulicht nochmals den gesamten, auf einer byte-weise Verarbeitung beruhenden, in Software programmier-ten Vorgang zum Glätten und Skalieren der Quellbilddaten. Aus je 3 Bytes Eingangsbilddaten 42 im Ausschnitt 33 des Quell-

bildes wird über die als Look-Up-Tabelle ausgeführte Indextabelle 43 das 30-Bit Register 37 gefüllt (wobei natürlich auch ein 32 Bit-Register verwendet werden kann). Beim Abspeichern des zweiten bzw. dritten Bytes in das Register 37 wird im 5 Verarbeitungsschritt 44 jeweils um eine Position geshiftet ($<<1$, $<<2$). Registerplätze, die bereits mit dem vorhergehen- den Byte beschrieben worden sind, werden mit den nachfolgen- den Daten mit einer „ODER“-Operation überschrieben. Die unteren 9 Bits 45 des Registers 37 ergeben einen Index für die 10 Skalier-Glättungs-Tabelle 46, aus der die skalierten und ge- glätteten Zielpixel 47 direkt entnommen werden können. Diese werden dann im Zielbereich abgelegt. Danach wird der nächste 3-Byte-Block im Quellbereich bearbeitet. Diese Prozedur wird über das gesamte Quellbild hinweg wiederholt. An den Rändern 15 werden für die nicht vorhanden Randpixel nicht gesetzte Pixel angenommen.

Verallgemeinerung des byteweisen Bereitstellen der Quellpixel

20 Im vorstehenden Beispiel wurde ein quadratisches Glättungs- Fenster mit $Q_x = Q_y = 3$ und binäre Pixeldaten zugrunde ge- legt. Allgemein ausgedrückt, ist jedoch beim dem Vorgang des Glättens und Skalierens aus einem Rechteck von Quellpixeln ein Quadrat von Zielpixeln zu bestimmen.

25

Ausgehend von einem in Figur 19 gezeigten Quellpixel-Recht- eck 48 der Breite Q_x in x-Richtung und der Breite Q_y in y- Richtung wird ein Schieberegister der Größe

$$B = Q_y \times W \times ((8n/W) - 1 + Q_x)$$

30

Bit benötigt. Dabei muß $8n/W$ ganzzahlig sein. Das Schieberegister wird in jedem Schritt mit je n Byte jeder Scanline

(Zeile) im Quellpixel-Rechteck nach folgender Gleichung befüllt:

$$R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y)) \text{ (Gleichung 9),}$$

5

wobei gilt:

R_i : Wert des i -ten Registerbits

$q(k,l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k,l)

$/$: Integer-Division

10 $\%$: Modulo-Division

$A = W \times (Q_y \times (Q_x - 1))$

n : Anzahl eingelesener Bytes pro Zeile

W: Wertigkeit eines Pixels, d.h. Bit pro Pixel (binär, Graustufenwert, Farbwert) und

15 B: Breite des Schieberegisters in Bit

Alternativ zur Regel nach Gleichung 9 kann auch die Regel

$$R_{(i+A)} = q(i/Q_y, i \% Q_y) \text{ (Gleichung 9a)}$$

20

verwendet werden.

Wenn das Schieberegister nach Gleichnung 9 oder 9a vorbelegt wird, dann enthalten die unteren $W \times Q_x \times Q_y$ Bits 49 das ge-
25 wünschte Quellfenster in eindimensionaler Darstellung (im folgenden Indexbits genannt).

Durch Schieben nach rechts um Q_y Pixel ($W \times Q_y$ Bits) erhält man die Indexbits 49 für das nächste Quellfenster. Dieser Vorgang
30 wird $8n/W$ mal durchgeführt ($8n/W$ muß ganzzahlig sein und es

wurde je n Byte pro Quell-Zeile eingelesen), danach erfolgt die Füllung des Registers mit den nächsten Quellbytes.

Figur 20 zeigt eine entsprechende Realisierung in Hardware.

5 Die jeweils erhaltenen Indexbits 49 bilden die Eingangssignale für eine Logik-Schaltung 50 zur Berechnung der Zielpixel.

Figur 21 zeigt schematisch eine Umsetzung in Form von Software. Die Indexbits 49 dienen hier als Index zum Adressieren
10 einer Look-Up-Tabelle 51, welche die für diese Kombination bereits im voraus berechneten Zielpixel erhält.

Verarbeiten von Graustufen- Farbdaten

15 Die Bearbeitung von Graustufen- oder Farbpixeln erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie mit binären Daten. Alle Kästchen in den gezeichneten Figuren stellen dann ein Pixel dar, das W Bits pro Pixel enthält anstatt einem Bit pro Pixel bei binären Daten. Die Indexbildung sowie die Formeln für die Kombination aus Skalieren und Glätten beziehen sich alle auf Pixel, es ändert sich lediglich die Anzahl der Bits pro Pixel.
20 Die Skalier-Glättungs-Tabelle enthält dann Grau- bzw. Farbwerte anstatt Bits pro Pixel. In Bild 18 bezeichnen die Shiftwerte auf das Indexregister (<<1, <<2) Pixelpositionen, in Bits ausgedrückt sind das (<< 1 x W, << 2 x W) Bits. Das Verfahren lässt sich also gauso wie für binäre Daten auch für die Verarbeitung von Daten mit W Bits pro Pixel verwenden um Daten eines ersten Rasters in ein zweites umzusetzen, das feiner ist (Hochskalieren).

30 **Erhöhung der Grau-/Farbstufen**

Bisher wurden Anwendungsfälle beschrieben, die Daten einer ersten Auflösung in Daten einer zweiten Auflösung umsetzen,

wobei die zweite Auflösung feiner ist als die erste und die Anzahl der Grau-/Farbstufen gleich blieb. Das beschriebene Verfahren lässt sich aber auch für eine Erhöhung der Grau-/Farbstufen (im folgenden nur noch als Graustufen bezeichnet) 5 benutzen. Ausgegangen wird von einem Skalierfaktor S, die Quelldaten liegen mit W_q Bits pro Pixel vor, die Zieldaten sollen mit W_z Bits pro Pixel erstellt werden.

Insgesamt werden am Ende

10

S^2 Zielpixel mit $2^{W_z} - 1$ Variationsmöglichkeiten benötigt.

Nach dem bisherigen Verfahren würde

man S^2 Zielpixel mit $2^{W_q} - 1$ Variationsmöglichkeiten erhalten.

Wir erreichen die erweiterten Variationsmöglichkeiten, indem 15 mit einem neuen, größeren Skalierfaktor S_r skaliert wird. Dieser ist üblicherweise (der Einfachheit halber) ganzzahlig. Dazu ist folgende Ungleichung zu lösen

$$S_r^2 * (2^{W_q} - 1) \geq S^2 * (2^{W_z} - 1)$$

$$S_r^2 \geq S^2 * \frac{2^{W_z} - 1}{2^{W_q} - 1}$$

$$S_r \geq S * \sqrt{\frac{2^{W_z} - 1}{2^{W_q} - 1}}$$

20

Die zusätzlichen Pixel im Zielbereich, die sich durch den höheren Skalierfaktor ergeben, werden dann in die benötigten Graustufen umgewandelt.

25

W_q Bits pro Pixel der Quelldaten

W_z Bits pro Pixel der Zieldaten

S Skalierfaktor

S_r resultierender Summenskalierfaktor.

30

Dies soll beispielhaft an einer Umsetzung von binären 300 dpi-Daten in 300 dpi-Daten mit 2 Bit pro Pixel dargestellt

werden. Hier werden nur die Graustufen, nicht die Auflösung erhöht. Es gilt:

$$Wq = 1$$

$$Wz = 2$$

5 $S = 1$

$$Sr \geq 1 * \sqrt{\frac{2^2 - 1}{2^1 - 1}} = \sqrt{\frac{4-1}{2-1}} = \sqrt{\frac{3}{1}} = \sqrt{3}$$

10 Gewählt wird beispielhaft:

$$Sr = 2$$

Skalierfaktor 2, wir erhalten 4 Zielpixel für ein Quellpixel. Die vier gewonnenen Pixel haben Werte zwischen b0000 und b1111, wobei das vorangestellte b binäre Schreibweise bedeutet. Diese Pixel werden nun in Graustufen umgewandelt, wobei die Anzahl schwarze Pixel (z.B mit Pixelwert 1) aufsummiert und in einen Grauwert umgesetzt werden. Die Umsetzung muß nicht linear erfolgen, sie kann sich nach der (Nicht)Linearität der Ausgabeeinheit richten. Die Umsetzung erfolgt mittels einer Tabelle, z.B.

Pixelwert Grauwert

Kein schwarzes Pixel

25 b0000 b00

Ein schwarzes Pixel

 b0001 b01

 b0010 b01

30 b0100 b01

 b1000 b01

Zwei schwarze Pixel

 b0011 b10

35 b0101 b10

 b1001 b10

b0110	b10
b1010	b10
b1100	b10

5 Drei schwarze Pixel

b0111	b11
b1011	b11
b1101	b11
b1110	b11

10

Vier schwarze Pixel

b1111	b11
-------	-----

15 Die Skalier-Glättungstabelle 46 in Figur 16 hat dann bei einer Größe des Glättungsfensters von $G = 5$ im Zielbereich, $Q_x = Q_y = 3$ im Quellbereich 512 Einträge mit je einem Pixel, das aus 2 Bit besteht. Da die Umwandlung in Graustufen schon in die Skalier-Glättungstabelle eingearbeitet ist, bewirkt sie keinen Performaceverlust.

20

Nutzung der Variabilität bezüglich der verwendeten Skalier- und Glättungsalgorithmen

25 Es können verschiedene Kombinationen aus Skalierung und Glättung durch einfachen Austausch des Inhalts der Skalier-Glättungstabelle realisiert werden, ohne die restliche Vorrichtung, egal ob in Hardware oder Software ausgeführt, beeinflussen zu müssen. Dies ermöglicht das Vorgeben von bestimmten Skalier- und Glättungsverfahren z.B. in Druckdaten, 30 bei denen nicht im Voraus feststeht in welcher Auflösung sie ausgedruckt werden sollen. Die Vorgabe der Verfahren für ein bestimmtes Quellimage kann erfolgen indem den Quelldaten über zwei zusätzliche Parameter die optimalen Verfahren z.B. aus einem Satz von durchnumerierten Standardverfahren ausgewählt 35 werden können. Alternativ könnten die Gleichungen der Verfahren in kodierter Form übergeben werden. Die Form der Kodierung ist dabei frei wählbar. Sollen z.B. in einem Drucksystem

Eingangsdaten mit verschiedenen Auflösungen verarbeitet werden (unterschiedliche Skalierfaktoren), ist dafür je eine eigene Vorrichtung nötig.

5 **Verallgemeinerung der „Glättung“**

Besonders bei der Verarbeitung von Farbdaten existieren Algorithmen für Filterungen, die genauso wie Glättungsalgorithmen ein Fenster (Quadrat) mit ungerader Kantenlänge G über die 10 Zielpixel schieben und aus den Umgebungspixeln das Zentralpixel neu bestimmen. Ist dieser Vorgang mit einer Skalierung verbunden, so läßt er sich nach dem hier beschriebenen Verfahren genauso im Quellbereich durchführen, die Skalier-Glättungstabelle würde dann z.B. eine Skalier-15 Filterungstabelle darstellen.

Die Erfindung wurde insbesondere zur Verwendung in einem Drucker beschrieben, der die Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster umsetzt, unter Beibehaltung oder 20 Erhöhung der Graustufen bzw. Farbwerte. Auch eine alleinige Erhöhung von Graustufen/Farbstufen im gleichen Raster ist möglich. Dabei ist klar, daß die Bilddaten auch innerhalb eines Computers so aufbereitet werden können, daß sie in einer an den Drucker angepaßten Auflösung zur Verfügung stehen. 25 Insbesondere in einem Netzwerk, bei dem Druckaufträge von verschiedenen Computern an einen zentralen Drucker gesendet werden, wird dies regelmäßig der Fall sein. Dabei kann die Umsetzung sowohl im sendenden Computer als auch in einem zwischengeschalteten Computer erfolgen, der die Druckaufträge 30 verwaltet.

Bezugszeichenliste

- 1 Quellbild
- 5 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 Quellpixel
2-1, 2-2, 2-3, 2-4 Quellpixel
3-1, 3-2, 3-3, 3-4 Quellpixel
4-1, 4-2, 4-3, 4-4 Quellpixel
- 2 Skalierungsvorgang
- 10 3 Zwischenbild
- 4 Glättvorgang
- 5 Zielbild
- 6 Koordinatensystem für Quell- bzw. Zielraster
- 7 Pixel im Quellbereich
- 15 7' Quellblock
8 Pixel im Zielbereich
8' Zielblock
9 Quellquadrate
10 Zielquadrate
- 20 11 weißes Eckpixel
12 schwarzes Eckpixel
13 Randpixel
14 Bildausschnitt
15 Quellbildbereich
- 25 16 Zwischenbildbereich
17 Filterfenster
18 erster Zielpixel
19 zweiter Zielpixel
20 dritter Zielpixel
- 30 21 vierter Zielpixel
22 Zielpixelgruppe
23 Quellpixel-Quadrat
23', 23'' Rasterlinie
24 Zielpixel-Quadrat
- 35 24', 24'' Rasterlinie

- 25 Gruppe von Quellpixeln
- 26 Erstes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
- 27 Zweites 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
- 28 Drittes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
- 5 29 Viertes 3 x 3-Quellpixel-Quadrat
- 30 5 x 5-Zielpixel-Quadrat
- 31, 31', 31'', 31''' Erste Fluchtende Linien
- 32, 32', 32'', 32''' Zweite Fluchtende Linien
- 33 Bildausschnitt
- 10 34, 34' Grenze des Bildausschnitts
- 35, 35', 35'' Bildstreifen
- 36, 36' Erkennungs-Fenster
- 37 Schieberegister
- 38 Schieberegister-Bereich
- 15 39 Zuordnungslinien
- 40 Bildquelle
- 41 Registerposition
- 42 Quellbilddaten
- 43 Indextabelle
- 20 44 Verarbeitungsschritt zum Shiften
- 45 ausgelesene 9 Pixel
- 46 Skalier-Glättungs-Tabelle
- 47 Zielbilddaten
- 48 Quellpixel-Rechteck
- 25 49 Indexbits
- 50 Logikschaltung
- 51 Look-Up-Tabelle
- 52a..52d Quellpixel-Fenster
- 53 Zielpixel-Quadrat
- 30 54 Zielpixel-Rechteck
- 55 Zielpixel-Rechteck
- 56 Zielpixel-Quadrat

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umsetzung digitaler, auf Quellpixel bezogener Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung, wobei

5 (a) die Daten um mindestens einen Skalierfaktor (s_x, s_y), skaliert werden,

10 (b) jedem Quelldatum (1, 7, 7', 23, 33, 42) einzelpixelweise anhand eines das Quellpixel umgebenden Umgebungsfensters (52a, 52b, 52c, 52d) eine Zielbild-Matrix (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zugeordnet wird und aus benachbarten Zielbild-Matrizen (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) die Zieldaten bestimmt werden,

15 (c) die Daten im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) geglättet werden und

20 (d) jedes Quelldatum zum Glätten aller benachbarten Quelldaten verwendbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei benachbarte Zielbild-Matrizen (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zur Bestimmung der Zieldaten einander überlagert oder ohne Überlapp zusammengefügt werden.

3. Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung, wobei

30 (a) die Daten um einen Skalierfaktor (s_x, s_y) skaliert und geglättet werden

(b) eine Skalierungsregel und aus mehreren Glättungsregeln eine bestimmte Glättungsregel vorgegeben wird

5 (c) die beiden vorgegebenen Regeln zu einer Skalierungs- und Glättungsregel derart zusammengeführt werden, daß die Glättung im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) erfolgt und

10 (d) jedes Quelldatum zum Glätten mehrerer benachbarter Quelldaten verwendbar ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Skalierungsregel aus mehreren Skalierungsregeln vorgegeben wird.

15 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, wobei die Glättungsregel aus mehreren Glättungsregeln vorgegeben wird.

20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die Vorgabe der Skalierungsregel und/oder der Glättungsregel durch einen Druckauftrag erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei innerhalb des Druckauftrages bereichsweise verschiedene Glättungsregeln verwendet werden.

25 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Skalierfaktor (s_x, s_y) einen gebrochenen Wert hat

30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Skalieren und das Glätten in einem gemeinsamen Arbeitsschritt erfolgt.

35 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Skalieren und Glätten erfolgt, indem einzelpixelweise aus den Quelldaten (1, 7, 7', 23, 42) je ein der Zielbild-

Matrix (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zugeordneter Index (49) erzeugt wird, mit dem die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) ermittelt werden.

5 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Index (49) verwendet wird zur Adressierung einer Look-Up-Tabelle (51), welche die Zieldaten enthält.

10 12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Index (49) in Form eines Indexsignals zur Ansteuerung einer elektronischen Schaltung (51) verwendet wird, die aus den Indexsignalen die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) bildet.

15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Quelldaten (33) Byte-weise in ein Schieberegister (37) gespeichert werden, wobei jeweils eine zusammengehörige Gruppe von Daten (36, 36') im Schieberegister (37) mit jedem Verarbeitungstakt geshiftet werden, wodurch nach dem Shiften aller Daten der Gruppe der Index (49) aus neben-einanderliegenden Bits des Schieberegisters (37) gebildet wird.

25 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schieberegister mit jedem Verarbeitungstakt nach folgenden Regeln befüllt wird:

- (a) R_0 bis $R_{(A-1)}$ bleiben unberührt und
- (b) $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y))$ oder
 $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, i \% Q_y),$

30

wobei gilt:

R_i : Wert des i-ten Registerbits

Q_x : Fensterbreite in x-Richtung

Q_y : Fensterbreite in y-Richtung

35 $q(k, l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k, l)

/: Integer-Division
%: Modulo-Division und
A = Q_y * (Q_x - 1).

5 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
als Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) zu Bildern gehörende
Pixeldaten verarbeitet werden.

10 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
jeweils Ausschnitte des Bildes mit $l \times m$ Quellpixeln als
Fenster gemeinsam verarbeitet werden, daß aus jedem Quell-
pixel-Fenster Zielbild-Matrizen mit je $n \times p$ Zielpixeln
gebildet werden und daß die Zielpixel benachbarter Ziel-
bild-Matrizen in einem Speicher nebeneinander abgelegt
15 oder überlappt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei benachbarte Zielbild-
Matrizen mit einer „ODER“-Operation überlappt werden.

20 18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei für Skalierfaktoren SF_x
 $= SF_y = 2,5$ die Quellpixel-Fenster je 3×3 Pixel umfas-
sen, daß aus jedem Quellpixel-Fenster genau eine Zielbild-
Matrix mit 3×3 Zielpixeln gebildet wird und daß aus je
vier Zielbild-Matrizen durch eine „ODER“-Operation genau
25 5 \times 5 Zielpixel gebildet werden.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
jedem Quellpixel ein Grauwert zugeordnet ist.

30 20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei eine Skalierung
und/oder Glättung im Grauwert-Raster erfolgt.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
jedem Quellpixel ein Farbwert zugeordnet ist.

22. Verfahren nach Anspruch 19, wobei eine Skalierung und/oder Glättung im Farbwertwert-Raster erfolgt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

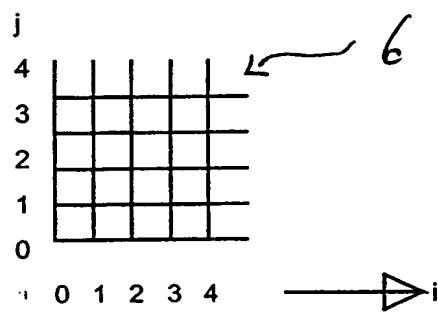
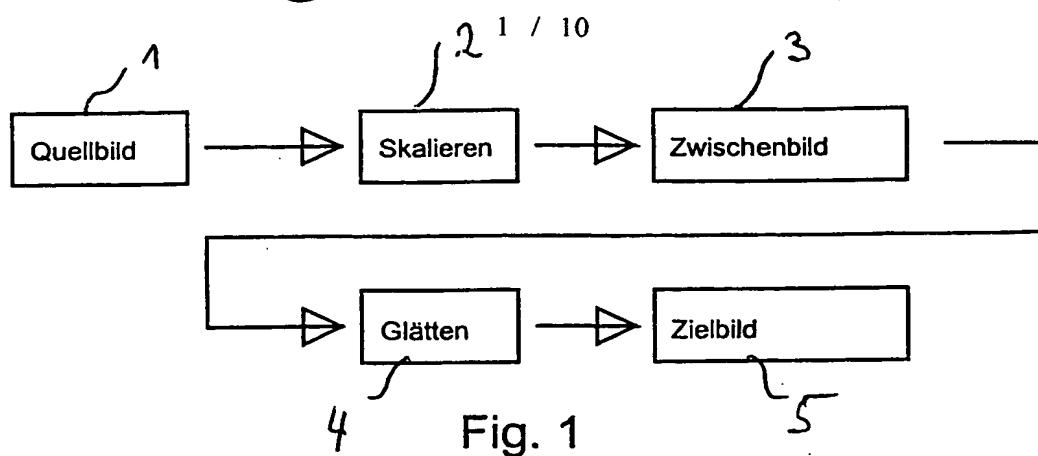


Fig. 2a

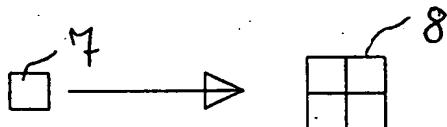


Fig. 2b

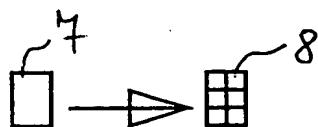
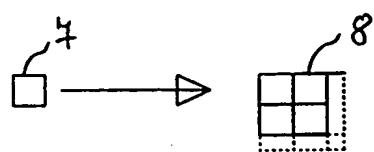


Fig. 2c

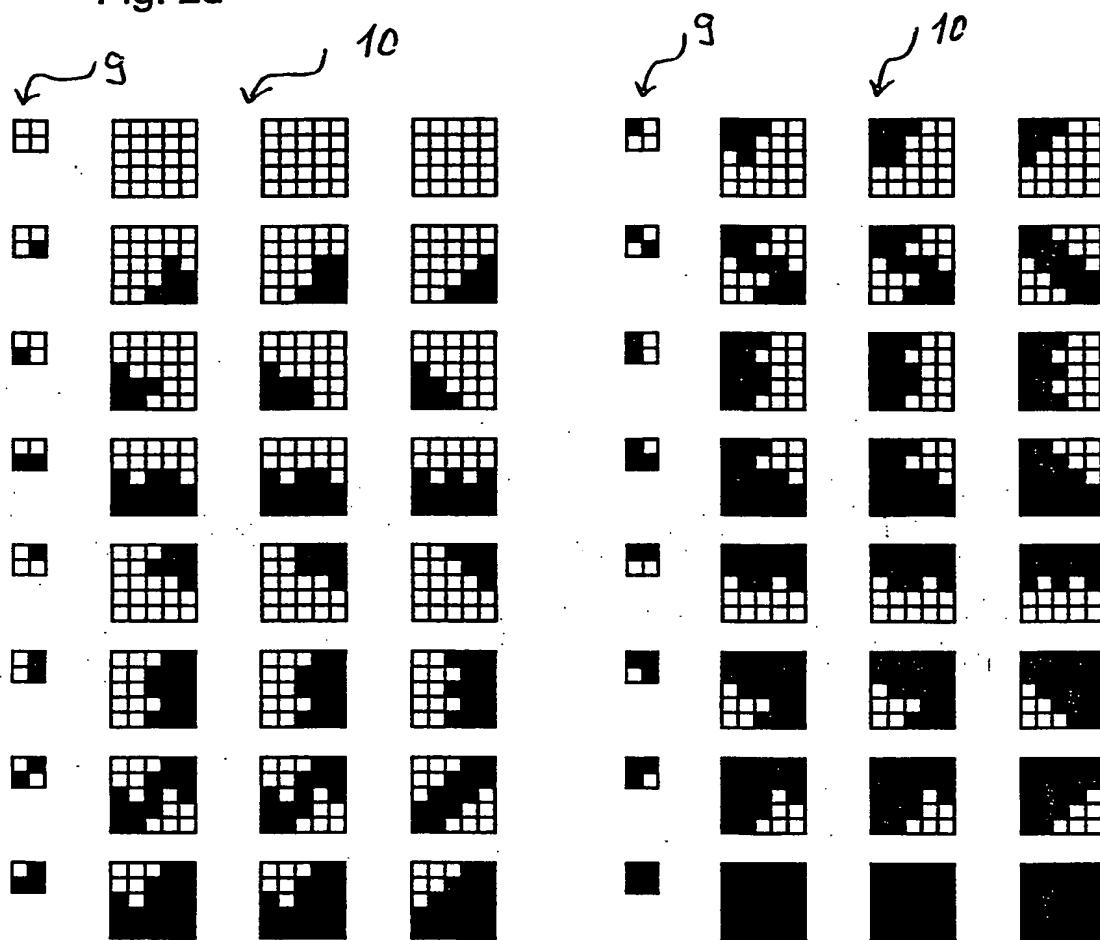
Stand der Technik

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Stand der Technik

Fig. 2d



Stand der Technik

Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

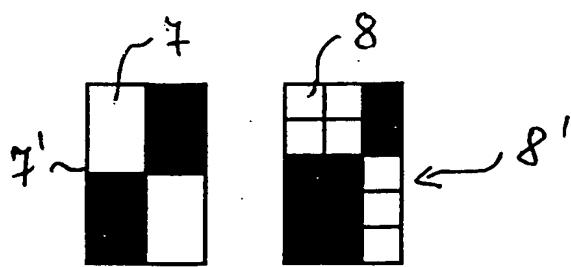


Fig. 4

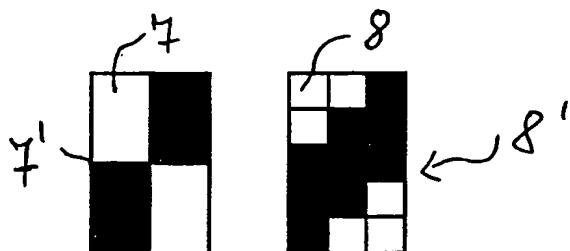


Fig. 5

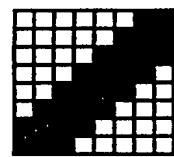
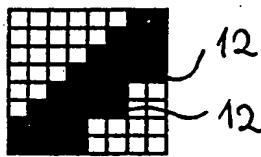
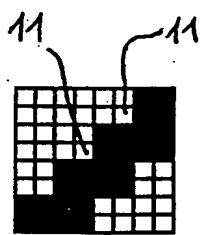


Fig. 6a

Fig. 6b

Fig. 6c

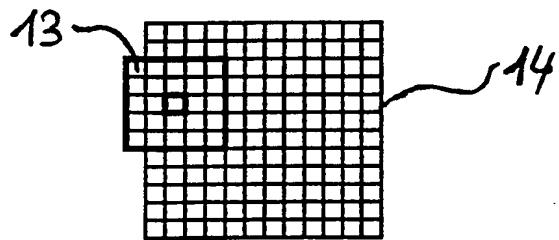


Fig. 7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

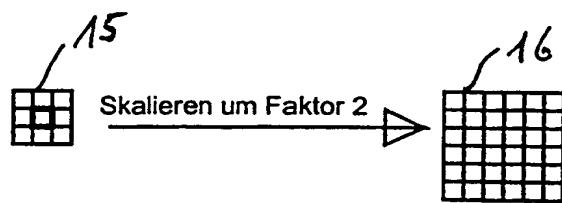


Fig. 8

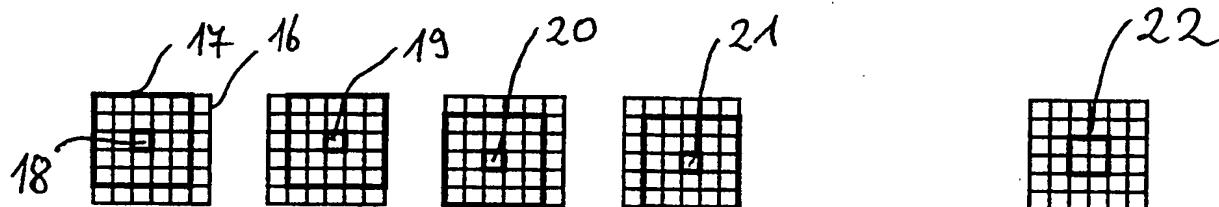


Fig. 9a

Fig. 9b

Fig. 9c

Fig. 9d

Fig. 9e

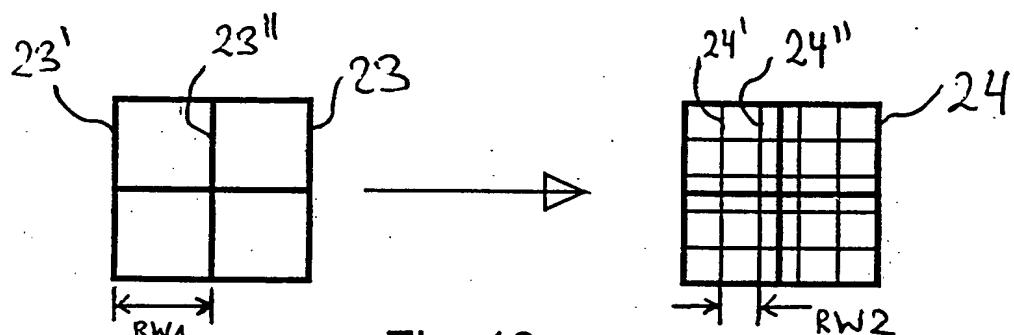


Fig. 10

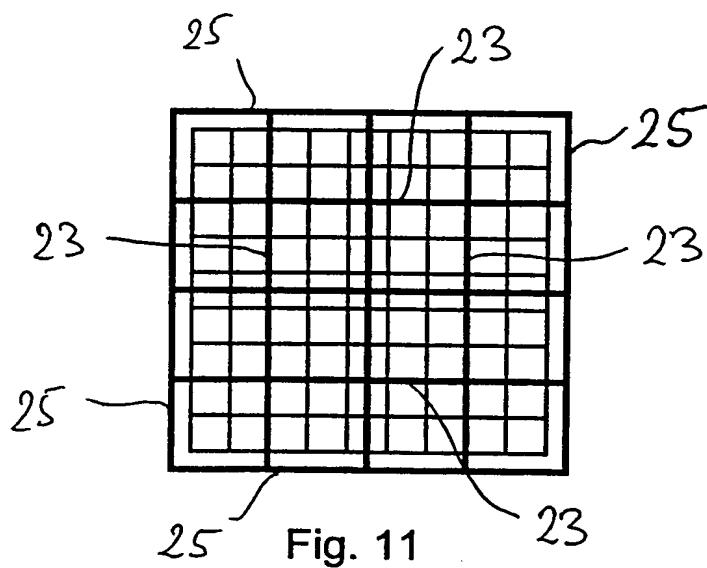


Fig. 11

THIS PAGE BLANK (USPTO)

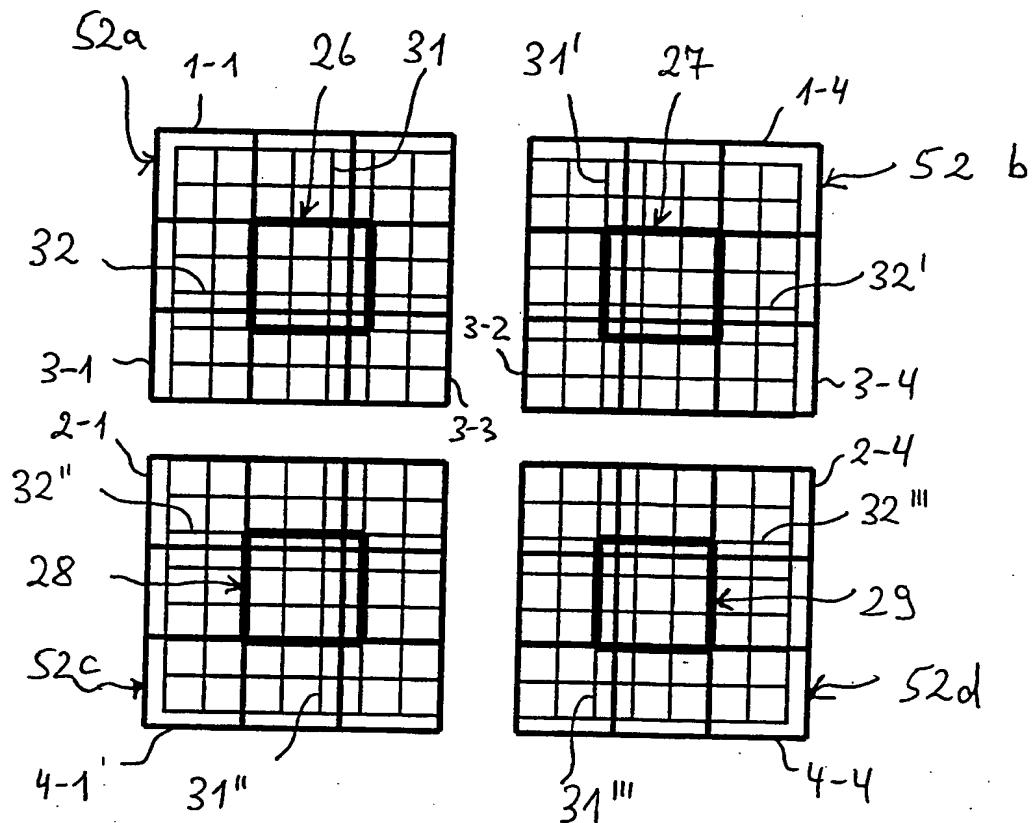


Fig. 12

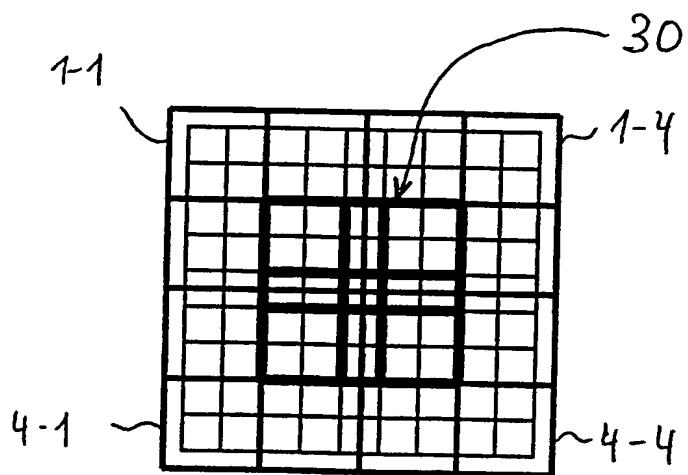


Fig. 13

THIS PAGE BLANK (USPTO)

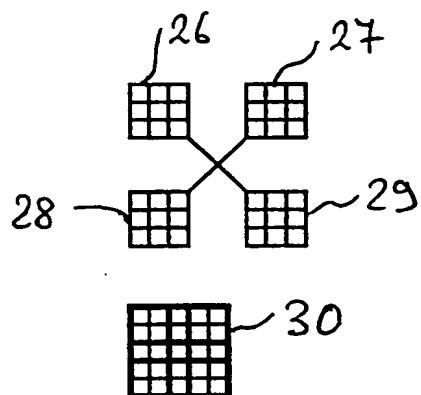
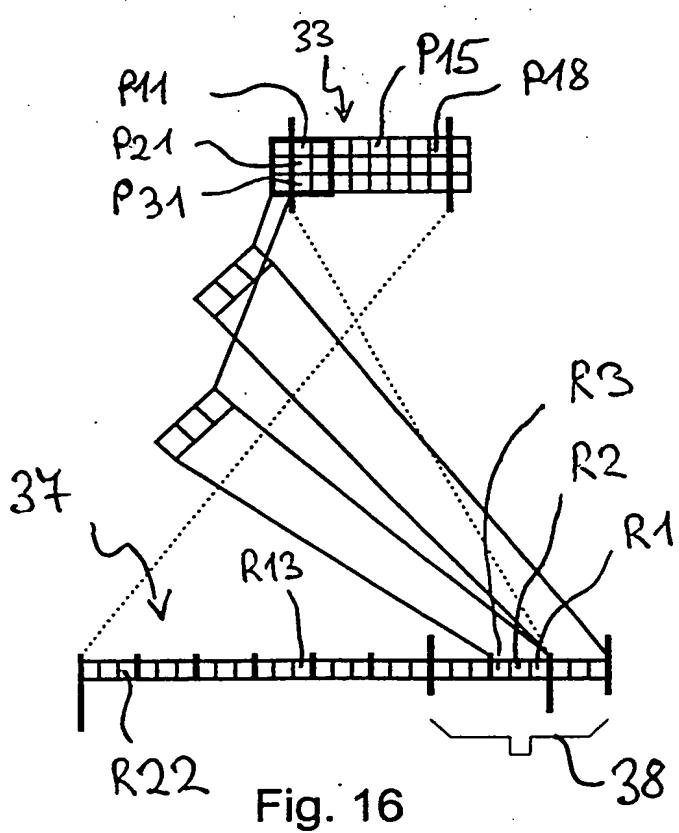
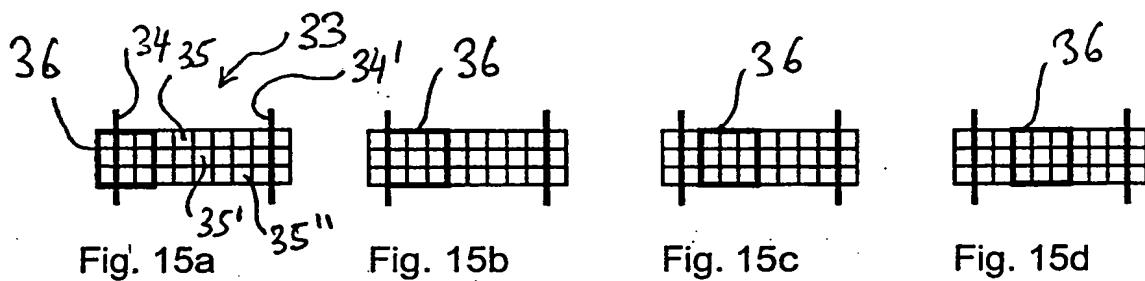


Fig. 14



THIS PAGE BLANK (USPTO)

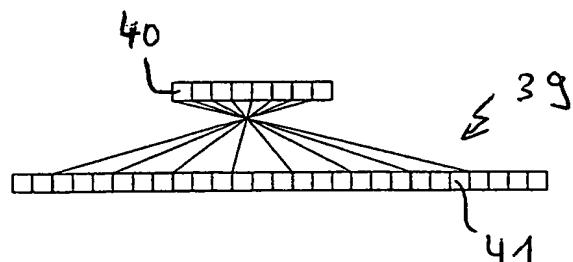


Fig. 17

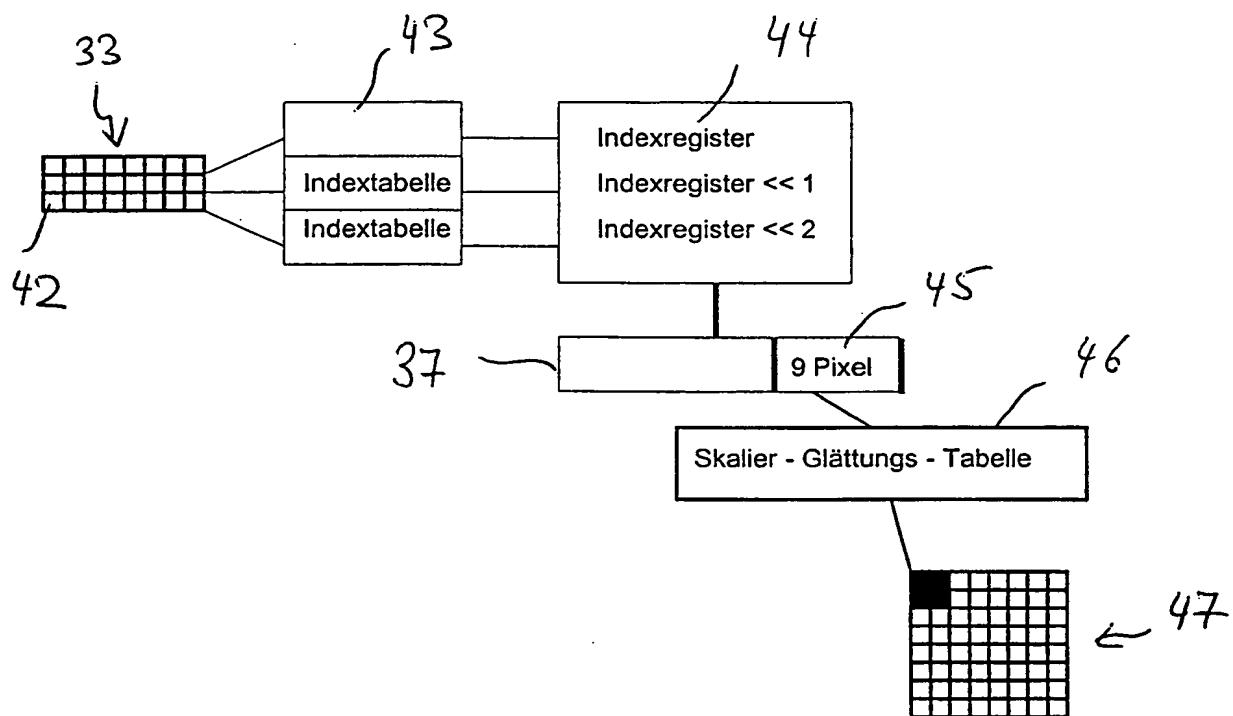


Fig. 18

THIS PAGE BLANK (USPTO)

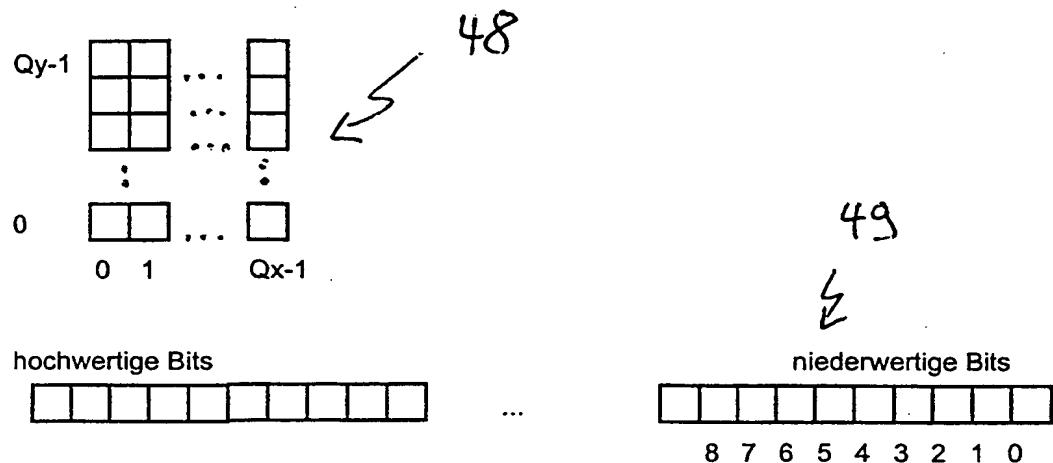


Fig. 19

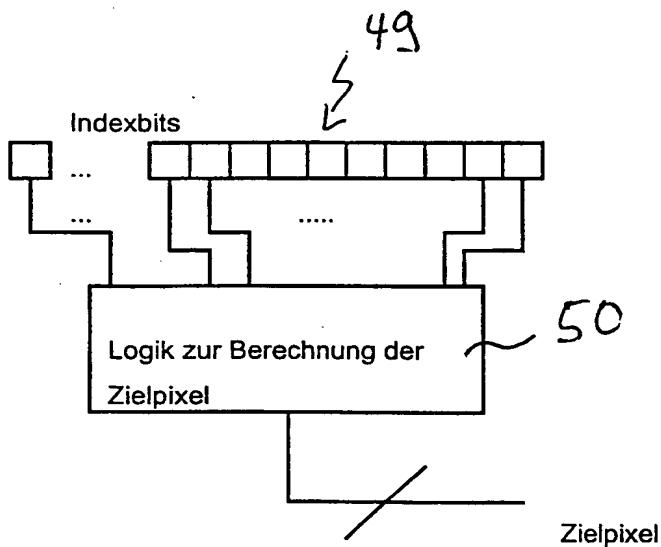


Fig. 20

THIS PAGE BLANK (USPTO)

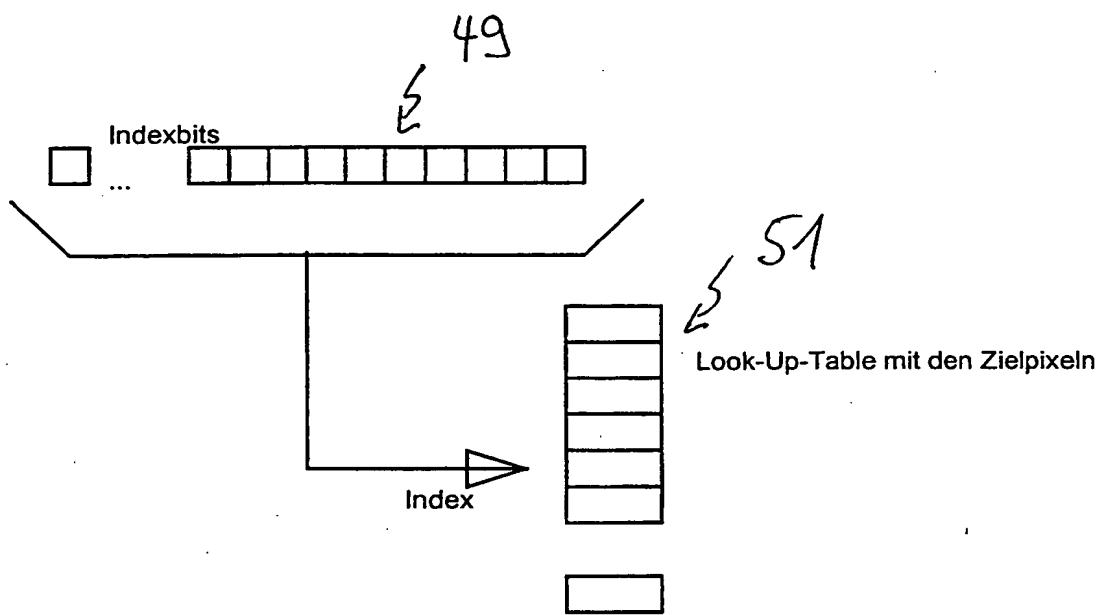


Fig. 21

THIS PAGE BLANK (USPTO)

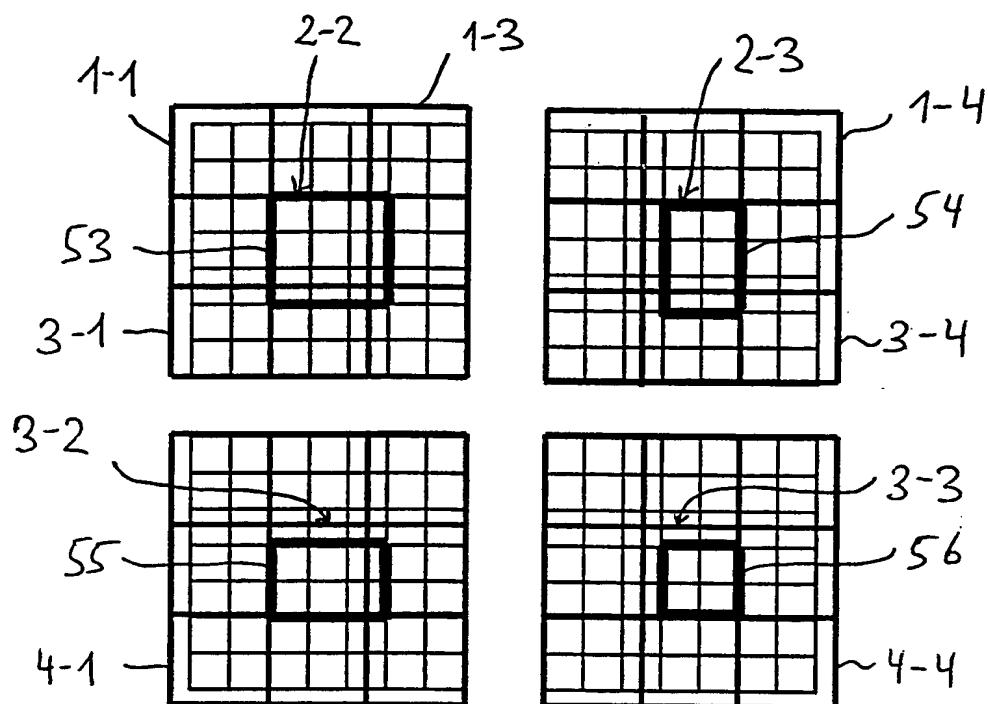


Fig. 22

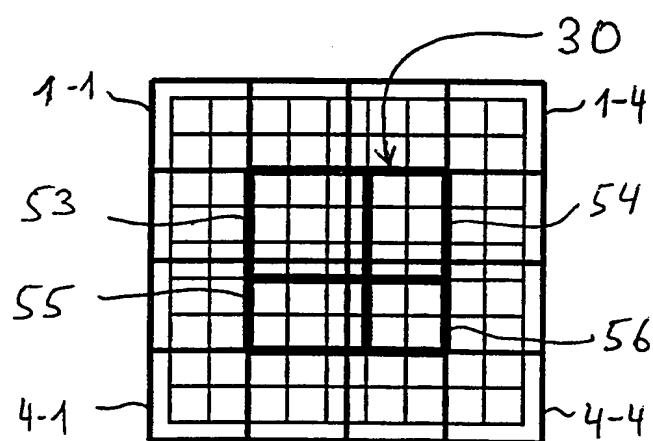


Fig. 23

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intell. Application No

PCT/EP 98/07689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G06T3/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G06T H04N G09G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 646 741 A (HORIUCHI IZURU ET AL) 8 July 1997 see column 1, line 30 - column 2, line 8 see column 6, line 61 - column 7, line 9 ---	1
A		6,8,19
X	WO 96 16380 A (MINNESOTA MINING & MFG) 30 May 1996 see page 6, line 14-26 see page 7, line 3-20 see page 10, line 26-29 ---	3,5,9
A		11 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

28 April 1999

10/05/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jonsson, P.O.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Appl. No.

PCT/EP 98/07689

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"FAST SCALING METHOD TO REDUCE BINARY IMAGES BY SPECIFIC FACTORS" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 37, no. 12, 1 December 1994, pages 357-359, XP000487816 see the whole document -----	10,11,17
A	DE 40 27 897 A (CANON KK) 21 March 1991 see abstract; figure 2 -----	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/07689

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5646741	A 08-07-1997	JP	7240834 A	12-09-1995
WO 9616380	A 30-05-1996	AU	4006295 A	17-06-1996
		EP	0793836 A	10-09-1997
		JP	10509824 T	22-09-1998
		US	5774601 A	30-06-1998
DE 4027897	A 21-03-1991	JP	3092084 A	17-04-1991
		JP	3125566 A	28-05-1991
		GB	2238927 A, B	12-06-1991
		US	5488672 A	30-01-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07689

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G06T3/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G06T H04N G09G

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 646 741 A (HORIUCHI IZURU ET AL) 8. Juli 1997 siehe Spalte 1, Zeile 30 – Spalte 2, Zeile 8 siehe Spalte 6, Zeile 61 – Spalte 7, Zeile 9	1
A	---	6,8,19
X	WO 96 16380 A (MINNESOTA MINING & MFG) 30. Mai 1996 siehe Seite 6, Zeile 14–26 siehe Seite 7, Zeile 3–20 siehe Seite 10, Zeile 26–29	3,5,9
A	---	11
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Rechercheberichts

28. April 1999

10/05/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchebehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jonsson, P.O.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07689

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ³	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	"FAST SCALING METHOD TO REDUCE BINARY IMAGES BZ SPECIFIC FACTORS" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, Bd. 37, Nr. 12, 1. Dezember 1994, Seiten 357-359, XP000487816 siehe das ganze Dokument ----	10,11,17
A	DE 40 27 897 A (CANON KK) 21. März 1991 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 -----	14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07689

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5646741	A	08-07-1997	JP	7240834	A	12-09-1995
WO 9616380	A	30-05-1996	AU	4006295	A	17-06-1996
			EP	0793836	A	10-09-1997
			JP	10509824	T	22-09-1998
			US	5774601	A	30-06-1998
DE 4027897	A	21-03-1991	JP	3092084	A	17-04-1991
			JP	3125566	A	28-05-1991
			GB	2238927	A, B	12-06-1991
			US	5488672	A	30-01-1996

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 97 1001 P	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 98/ 07689	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 27/11/1998	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 28/11/1997
Anmelder OCE PRINTING SYSTEMS GMBH et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. _____

wie vom Anmelder vorgeschlagen

weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

keine der Abb.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 97 1001 P	FOR FURTHER ACTION	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/EP98/07689	International filing date (day/month/year) 27 November 1998 (27.11.98)	Priority date (day/month/year) 28 November 1997 (28.11.97)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G06T 3/40		
Applicant OCE PRINTING SYSTEMS GMBH		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 8 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I Basis of the report
- II Priority
- III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV Lack of unity of invention
- V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI Certain documents cited
- VII Certain defects in the international application
- VIII Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 28 June 1999 (28.06.99)	Date of completion of this report 25 February 2000 (25.02.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP98/07689

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

 the international application as originally filed. the description, pages 1-4, 6-44, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages 5, 5a, filed with the letter of 02 December 1999 (02.12.1999),
pages _____, filed with the letter of _____. the claims, Nos. _____, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 8-22, filed with the letter of 02 December 1999 (02.12.1999),
Nos. 1-7, filed with the letter of 22 February 2000 (22.02.2000). the drawings, sheets/fig 1-10, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

 the description, pages _____ the claims, Nos. _____ the drawings, sheets/fig _____

3. This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-22	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-22	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-22	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. Field: The application concerns a method for converting an image from a source raster into a target raster. This corresponds to a change in image resolution.
2. Problem: Calculation of the target data from the source data, without intermediate steps.
3. Closest prior art: WO-A-96/16380 (D2) calculates target image lines directly from source image lines using interpolation kernels stored in look-up tables, starting from a predetermined scaling factor and interpolation instruction; the missing target image lines (when the image is enlarged) are interpolated from those target image lines during a second step (see pages 6, 7 and 13, and Figure 2).
4. Solution: An algorithm is used that allows each target pixel to be directly calculated from a source pixel and its neighbouring pixel (Claim 1); for this purpose, the scaling and smoothing rules selected in each case are combined into a single rule (Claim 3).
5. Inventive step: Although D2 also uses only one

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 98/07689

"rule" (selected interpolation kernel), it needs two steps to arrive at the target image.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

1. The independent claims do not define a method in the sense of consecutive steps, but rather only a number of juxtaposed features that define a result to be achieved. The individual features (b), (c) and (d) are partly redundant, leading to a lack of clarity concerning the essential features and their interaction.
 - 1.1 For example, feature (d1) of Claim 1 appears to define the same subject as feature (c): target data are directly determined from source data; this is in turn contained in the last part of feature (b); the only additional feature defined in (d1) is smoothing, which in turn appears in feature (c). Likewise, the "identity" of scaling and smoothing (feature (d)) is implicitly contained in the definition of the "direct determination" of the target pixels from the source pixels at the end of feature (b).
 - 1.2 The wording of the claim should be tighter (for example, in the form "method for converting... by scaling and smoothing in one step, in which [feature (b)], so that the target data in the source data raster are smoothed").
 - 1.3 The same applies to Claim 3, which substantially adds to Claim 1 only the selection of scaling and smoothing "rules" and their combination (at the same time, it is not clear what the word "rule" is supposed to mean in relation to scaling, which is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

VIII. Certain observations on the international application

usually defined only by a scaling factor.

2. Claim 22 should apparently be dependent on Claim 21.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

T6

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM
GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

06 MAR 2000

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 97 1001 P	WEITERES VORGEHEN	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/07689	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr) 27/11/1998	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 28/11/1997
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G06T3/40		
Anmelder OCE PRINTING SYSTEMS GMBH et al.		
<p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt 8 Blätter.</p>		
<p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts II <input type="checkbox"/> Priorität III <input type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit IV <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung V <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderliche Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung VI <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen VII <input type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung VIII <input checked="" type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung 		

Datum der Einreichung des Antrags 28/06/1999	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 25.02.00
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde: ----- Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Kessler, C Tel. Nr. +49 89 2399 2582



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/07689

I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

Beschreibung, Seiten:

1-4,6-44 ursprüngliche Fassung

5,5a eingegangen am 03/12/1999 mit Schreiben vom 02/12/1999

Patentansprüche, Nr.:

8-22 eingegangen am 03/12/1999 mit Schreiben vom 02/12/1999

1-7 mit Telefax vom 22/02/2000

Zeichnungen, Blätter:

1-10 ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

Beschreibung, Seiten:
 Ansprüche, Nr.:
 Zeichnungen, Blatt:

3. Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP98/07689

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-22
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche 1-22
	Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-22
	Nein: Ansprüche

2. Unterlagen und Erklärungen

siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

siehe Beiblatt

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. **Gebiet**: Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Umsetzung eines Bildes von einem Quellraster in ein Zielraster. Dies entspricht einer Auflösungsänderung des Bildes.
2. **Aufgabe**: Berechnung der Zieldaten ohne Zwischenschritte aus den Quelldaten.
3. **Nächstkommender Stand der Technik**: D2=WO-A-96/16380 berechnet, ausgehend von einem vorgegebenen Skalierfaktor und Interpolationsvorschrift, mittels in Lookup-Tabellen gespeicherter Interpolationskernels direkt Zeilen des Zielbildes aus Zeilen des Quellbildes; aus diesen Zielbildzeilen werden in einem zweiten Schritt die (bei Vergrößerung) fehlenden Zielbildzeilen interpoliert (siehe Seiten 6, 7 und 13, sowie Figur 2).
4. **Lösung**: Ein Algorithmus wird eingesetzt, so dass jedes Zielpixel direkt aus einem Quellpixel und dessen Nachbarn berechnet werden kann (Anspruch 1); zu diesem Zweck werden die jeweilige ausgewählte Skalierungsregel und Glättungsregel zu einer einzigen Regel zusammengeführt (Anspruch 3).
5. **Erforderische Tätigkeit**: Obwohl D2 auch nur eine "Regel" (ausgewählter Interpolationskernel) benutzt, braucht es doch zwei Schritte, um zum Zielbild zu gelangen.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung (Klarheit)

1. Die unabhängigen Ansprüche definieren kein Verfahren im Sinn von aufeinanderfolgenden Schritten, sondern nur nebengestellte Merkmale, die ein zu erreichendes Resultat definieren. Die einzelnen Merkmale (b), (c), (d) sind untereinander teils redundant, was zu Unklarheit bezüglich der wesentlichen Merkmale und ihres Zusammenwirkens führt.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- 1.1 Z.B. in Anspruch 1 scheint Merkmal (d1) das gleiche zu definieren wie Merkmal (c): die Zieldaten werden direkt aus den Quelldaten bestimmt; dies ist wiederum enthalten im letzten Teil von Merkmal (b); zusätzlich definiert wird in (d1) nur die Glättung, die wiederum in Merkmal (c) aufgeführt wird. Ebenso ist die "Gemeinsamkeit" von Skalierung und Glättung (Merkmal (d)) implizit enthalten in der Definition der "direkten Bestimmung" der Zielpixel aus den Quellpixeln am Ende von Merkmal (b).
- 1.2 Der Anspruch sollte straffer gefasst sein (etwa in der Form "Verfahren zur Umsetzung ... durch Skalierung und Glättung in einem Schritt, wobei [Merkmal (b)], so dass die Zieldaten im Raster der Quelldaten geglättet werden").
- 1.3 Ähnliches gilt für Anspruch 3, der im wesentlichen Anspruch 1 nur die Auswahl von Skalierungs- und Glättungs"regeln" und deren Zusammenführung hinzufügt (wobei nicht klar ist, was das Wort "Regel" in Bezug auf Skalierung bedeuten soll; diese wird üblicherweise nur durch einen Skalierungsfaktor bestimmt).

2. Anspruch 22 sollte augenscheinlich von Anspruch 21 abhängen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Skalierfaktoren geeignet ist. In der EP 0 006 351 A1 ist ein Bildverarbeitungssystem beschrieben, welches mit Look-up-Tabellen arbeitet. Die US 5,657,430 A beschreibt ein Verfahren zur Umsetzung von Vektor-Fonts auf Graustufen-Bitmaps.

5

Aus der US-A-5,646,741 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, in denen Bildsignale skaliert und geglättet werden. Dabei wird im Quellbereich nach vorgegebenen Kriterien überprüft, ob eine Glättung durchgeführt werden soll und 10 gegebenenfalls die Quellbildsignale geglättet. Danach werden die geglätteten Bildsignale skaliert.

Aus der WO-A-96/16380 ist ein System und ein Verfahren zum Interpolieren von Bildsignalen bekannt. Dabei wird jeweils 15 aus einer Vielzahl von Interpolationsregeln eine Regel ausgewählt. Die Quellbildsignale werden dann in mehreren, aufeinanderfolgenden Schritten verarbeitet. In einem ersten Schritt werden die Bildsignale zeilenweise anhand einer ausgewählten, zeilenweisen Regel interpoliert. Dann werden die Bildsignale 20 in einem zweiten Schritt spaltenweise anhand einer zweiten, spaltenweisen Regel interpoliert. Schließlich werden die Zeilen-Bildsignale und die Spalten-Bildsignale durch eine Formierungseinheit seitenweise zusammengesetzt.

25 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Umsetzung digitaler Bilddaten von einem ersten Raster in ein zweites Raster anzugeben, das zu einer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit führt und das sowohl eine Skalierung als auch eine Glättung der Bilddaten durchführt.

30

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen 1 und 3 angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung werden die Daten um mindestens einen Skalierfaktor skaliert und jedem Quelldatum einzelpixelweise, bezüglich dem Quellpixel also pixelindividuell, anhand eines das Quellpixel umgebenden Umgebungsfensters eine Zielbild-Matrix zugeordnet. Aus benachbarten Zielbild-Matrizen werden die Zieldaten bestimmt, wobei die Daten im Raster der Quelldaten geglättet werden. Jedes Quelldatum wird zum Glätten aller benachbarten Quelldaten verwendet.

10

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird die Glättung der Daten im Raster der Quelldaten durchgeführt und nicht im Zielraster. Hierdurch ist eine wesentlich schnellere Datenverarbeitung bei zweidimensionalen Bilddaten möglich als bei vergleichbaren Verfahren, die die Glättung erst im Zielraster durchführen, weil die Datenmenge, auf die die Glättungsfunktion angewandt wird, wesentlich geringer ist. Für den Fall gleicher Skalierungsfaktoren in x- und in y-Richtung ($SF = SF_x = SF_y$) ist diese Verarbeitungsgeschwindigkeit annä-

20

THIS PAGE BLANK (USPTO)

GEÄNDERTES BLATT

45

22.02.00

97 1001P

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umsetzung digitaler, auf Quellpixel bezogener Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung, wobei

5 (a) die Quelldaten um mindestens einen Skalierfaktor (s_x , s_y), skaliert werden,

10 (b) jedem Quelldatum (1, 7, 7', 23, 33, 42) einzelpixelweise anhand eines das Quellpixel umgebenden Umgebungsfensters (52a, 52b, 52c, 52d) eine Zielbild-Matrix (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zugeordnet wird und aus benachbarten Zielbild-Matrizen (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) die Zieldaten derart bestimmt werden, daß jedes Zielpixel direkt aus einem Quellpixel unter Berücksichtigung von dessen Umgebung gebildet wird,

15 (c) jedes Quelldatum zum Glätten der aus allen benachbarten Quelldaten zu bestimmenden Zieldaten verwendet wird,

20 und

25 (d) das Skalieren und das Glätten in einem gemeinsamen Verarbeitungsschritt derart durchgeführt werden, daß

30 (d1) die Zieldaten im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) geglättet sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei benachbarte Zielbild-Matrizen (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zur Bestimmung der Zieldaten einander überlagert oder ohne Überlapp zusammengefügt werden.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

GEÄNDERTES BLATT

46

22.02.00

3. Verfahren zur Umsetzung digitaler Quelldaten im Raster einer ersten Auflösung in digitale Zieldaten im Raster einer zweiten Auflösung, wobei

5 (a) die Daten um einen Skalierfaktor (s_x , s_y) skaliert und geglättet werden

(b1) eine Skalierungsregel aus mehreren auswählbaren Skalierungsregeln vorgegeben wird,

10

(b2) eine Glättungsregel aus mehreren auswählbaren Glättungsregeln vorgegeben wird,

15

(c) aus der ausgewählten Skalierungsregel und der ausgewählten Glättungsregel eine einzige Skalierungs- und Glättungsregel gebildet wird, durch die während der Bildung der Zieldaten in jeweils einem Verarbeitungsschritt sowohl eine Glättung der Zieldaten im Raster (23', 23'') der Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) erfolgt als auch eine Skalierung,

20

(c1) jedem Quelldatum (1, 7, 7', 23, 33, 42) einzelpixelweise anhand eines das Quellpixel umgebenden Umgebungsfensters (52a, 52b, 52c, 52d) eine Zielbild-Matrix (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zugeordnet wird und aus benachbarten Zielbild-Matrizen (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) die Zieldaten derart bestimmt werden, daß jedes Zielpixel direkt aus einem Quellpixel unter Berücksichtigung von dessen Umgebung gebildet wird und

25

(d) jedes Quelldatum zum Glätten der aus allen benachbarten Quelldaten zu bestimmenden Zieldaten verwendet wird.

30

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Skalierungsregel aus mehreren Skalierungsregeln vorgegeben wird.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

EÄNDERTES BLATT

22.02.06

46a

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, wobei die Glättungsregel aus mehreren Glättungsregeln vorgegeben wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die Vorgabe der Skalierungsregel und/oder der Glättungsregel durch einen Druckauftrag erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei innerhalb des Druckauftrages bereichsweise verschiedene Glättungsregeln verwendet werden.
10

THIS PAGE BLANK (USPTO)

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Skalierfaktor (s_x , s_y) einen gebrochenen Wert hat.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Skalieren und das Glätten in einem gemeinsamen Arbeitsschritt erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Skalieren und Glätten erfolgt, indem einzelpixelweise aus den Quelldaten (1, 7, 7', 23, 42) je ein der Zielbild-Matrix (26, 27, 28, 29, 53, 54, 55, 56) zugeordneter Index (49) erzeugt wird, mit dem die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) ermittelt werden.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Index (49) verwendet wird zur Adressierung einer Look-Up-Tabelle (51), welche die Zieldaten enthält.
12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Index (49) in Form eines Indexsignals zur Ansteuerung einer elektronischen Schaltung (50) verwendet wird, die aus den Indexsignalen die Zieldaten (8, 10, 24, 30, 47) bildet.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Quelldaten (33) Byte-weise in ein Schieberegister (37) gespeichert werden, wobei jeweils eine zusammengehörige Gruppe von Daten (36, 36') im Schieberegister (37) mit jedem Verarbeitungstakt geshiftet werden, wodurch nach dem Shiften aller Daten der Gruppe der Index (49) aus neben-einanderliegenden Bits des Schieberegisters (37) gebildet wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Schieberegister (37) mit jedem Verarbeitungstakt nach folgenden Regeln befüllt wird:

THIS PAGE BLANK (USPTO)

GEÄNDERTES BLATT

(a) R_0 bis $R_{(A-1)}$ bleiben unberührt und
 (b) $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, Q_y - 1 - (i \% Q_y))$ oder
 $R_{(i+A)} = q(i/Q_y, i \% Q_y),$

5

wobei gilt:

R_i : Wert des i-ten Registerbits

Q_x : Fensterbreite in x-Richtung

Q_y : Fensterbreite in y-Richtung

10 $q(k, l)$: Wert des Quellpixels mit der Position (k, l)

$/$: Integer-Division

$\%$: Modulo-Division und

$A = Q_y * (Q_x - 1).$

15 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Quelldaten (1, 7, 7', 23, 33, 42) zu Bildern gehörende Pixeldaten verarbeitet werden.

20 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeweils Ausschnitte des Bildes mit $l \times m$ Quellpixeln als Fenster gemeinsam verarbeitet werden, daß aus jedem Quellpixel-Fenster Zielbild-Matrizen mit je $n \times p$ Zielpixeln gebildet werden und daß die Zielpixel benachbarter Zielbild-Matrizen in einem Speicher nebeneinander abgelegt 25 oder überlappt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei benachbarte Zielbild-Matrizen mit einer „ODER“-Operation überlappt werden.

30 18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei für Skalierfaktoren $SF_x = SF_y = 2,5$ die Quellpixel-Fenster je 3×3 Pixel umfassen, daß aus jedem Quellpixel-Fenster genau eine Zielbild-Matrix mit 3×3 Zielpixeln gebildet wird und daß aus je vier Zielbild-Matrizen durch eine „ODER“-Operation genau

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5 x 5 Zielpixel gebildet werden.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jedem Quellpixel ein Grauwert zugeordnet ist.

5

20. Verfahren nach Anspruch 19, wobei eine Skalierung und/oder Glättung im Grauwert-Raster erfolgt.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei 10 jedem Quellpixel ein Farbwert zugeordnet ist.

22. Verfahren nach Anspruch 19, wobei eine Skalierung und/oder Glättung im Farbwert-Raster erfolgt.

15

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)